6/5.2
CMOS-IC's

Inhoud

6/5.2

CMOS-IC's

Doordat in CMOS-IC's gebruik wordt gemaakt van veldeffecttransistoren, is de werking totaal anders dan de werking van bipolaire IC's. Bij TTL-IC's wordt de sturing verzorgd door de basisstroom van de ingangstransistoren. Bij MOS-transistoren is praktisch alleen een ingangsniveau nodig. In tegenstelling tot TTL-IC's loopt in CMOS-IC's nagenoeg geen stroom (enkele nano-ampères). CMOS-IC's hebben dientengevolge een zeer kleine vermogensdissipatie en zeer hoge ingangsweerstand, waardoor de signaalbron niet wordt belast. De ingangsweerstand van CMOS-schakelingen ligt tussen $10^9 ... 10^{12}$ Ohm (bij plastiek behuizing is het zelfs dikwijls zo, dat de isolatieweerstand van de behuizing lager is dan de ingangsweerstand van het CMOS-IC). De „C" voor MOS (CMOS) geeft aan, dat de schakelingen volgens de complementaire techniek zijn samengesteld. Dit wil zeggen, dat een poort bestaat uit een N-channel en een P-channel transistor met een gemeenschappelijke stuurelektrode (gate), die de ingang van de poort vormt.

De eigenschappen van CMOS-IC's

1. De ingangsweerstand is bijna oneindig, zodat (nagenoeg) geen vermogen nodig is voor de sturing.
2. Op het omschakelmoment na (hoog naar laag en vice versa) wordt geen stroom opgenomen uit de voeding, zodat volstaan kan worden met een relatief eenvoudige voeding.
3. De door MOS-IC's veroorzaakte storingen op de voeding zijn zeer gering.
4. Omschakelen van de logische toestanden (hoog naar laag en vice versa) gebeurt bij de halve voedingsspanning, hetgeen de storingsgevoeligheid sterk vermindert.
5. CMOS-IC's hebben een voedingsspanningsbereik van +3V ... +15 V.
6. Het spanningsverschil tussen hoog en laag is bijna even groot als de voedingsspanning (laag is bijna 0 V, hoog is bijna voedingsspanning). Dit levert (samen met punt 4) een zeer grote storingsongevoeligheid op voor schakelingen die zijn opgebouwd met CMOS-IC's.

CMOS-IC's in de hobby-werkplaats

Het is helaas niet enkel goud wat er blinkt. Tegenover de voordelen van CMOS-IC's staat één zeer groot nadeel, namelijk de gevoeligheid voor statische elektriciteit.

Statische elektriciteit bouwt zich op tengevolge van de normale handelingen waaraan de IC's worden onderworpen (transport, uitpakken, verleggen, op de print steken etc.). Tengevolge van de zeer hoge ingangsimpedantie van de CMOS-IC's kan de statische lading niet weglekken. Aangezien de dikte van de isolatielaag tussen de stuurelektrode en de rest van de poort-elementen slechts zeer dun is, is de kans op doorslag groot. Doorslag van deze isolatielaag maakt de poort onbruikbaar. Deze doorslag treedt al op bij spanningen van 50...100 V. Tenzij men bereid is aan een aantal regels aandacht te schenken, is het niet raadzaam CMOS toe te passen. De regels worden hieronder gegeven. Afgezien van deze regels moet men bij CMOS-IC's ten alle tijde spannings- en temperatuursoverbelasting vermijden.

Regels voor toepassing en behandeling van CMOS-IC's

Alle halfgeleidercomponenten zijn gevoelig voor hoge temperaturen en hoge spanningen. Tengevolge van de bovengeschetste structuur, zijn CMOS-schakelingen nog gevoeliger dan bipolaire halfgeleiders. Naast de nog op te sommen regels voor de hantering van CMOS-IC's is het aan te bevelen CMOS-IC's niet te solderen. Het gebruik van voetjes heeft als voordeel, dat de CMOS-IC's niet in aanraking komen met de potentieel „gevaarlijke" soldeerbout en ingeval van beschadiging is het IC gemakkelijk te vervangen.
Als toch moet worden gesoldeerd, dan dient dit te gebeuren met een soldeerbout met een fijne punt, waarvan de temperatuur tussen de 250...300 °C moet liggen. Per pen mag niet langer dan 10 sec verwarmd worden ook moet tussen het solderen van opeenvolgende pennen voldoende tijd zijn om het IC de tijd te geven af te koelen. Tussen de soldeerbout en de te solderen pennen mag geen potentiaalverschil zijn, d.w.z. dat zowel de te solderen schakeling als de punt van de soldeerbout goed geaard moeten zijn.

de regels:

1. CMOS-IC's moeten op een geleidende stof bewaard worden. Het zo handige piepschuim is voor CMOS-IC's zeer gevaarlijk! Montage moet op een geleidende ondergrond gebeuren. Nooit soldeerpistolen gebruiken. Bij voorkeur monteren op voetjes. Kunstvezels in kleding bevorderen de opbouw van statische lading. Als u dergelijke kleding draagt, moet een antistatische armband worden gedragen, wanneer MOS-componenten worden gehanteerd.
2. Alle aansluitingen van een CMOS-IC moeten **ergens** mee verbonden zijn, hetzij aan een signaalleiding, hetzij aan voeding of aarde.
3. Het (in voetjes) aanbrengen of verwijderen van IC's moet gebeuren bij uitgeschakelde voedingsspanning, waarbij regel 1 natuurlijk weer in acht moet worden genomen. Bij het niet opvolgen van deze regel is het mogelijk, dat de ingangsprotectie van de ingangen beschadigd worden.
4. De stroom door de ingangsprotectiediodes mag maximaal 10 mA bedragen. Bij geleiding van deze diodes moet er voor worden gezorgd, dat de stroom op deze waarde is begrensd.
5. Schakelaars, toetsen en relaiscontac-

ten moeten worden ontdaan van pieken (spikes). Dit kan worden bereikt met behulp van een niet inverterende buffer (bijv. 4050) met daaraan parallel geschakeld een weerstand (22 kΩ).

6. CMOS-IC's moeten met de aangegeven frequentie geklokt worden. Buiten de aangegeven grenzen is de werking niet gegarandeerd. De maximale klokfrequentie ligt doorgaans tussen 5...8 MHz. De minimale klokfrequentie bedraagt 200 kHz (pulsbreedte 5 μs).

Het testen van IC's en van CMOS-IC's in het bijzonder is voor een hobbyïst doorgaans zeer moeilijk. De eenvoudigste manier om vast te stellen of een IC in orde is, is het te vervangen. Het meten van de logische toestanden op de uitgangen geeft slechts een statisch beeld en is in het geheel geen garantie, dat het IC ook dynamisch werkt.
Vooral bij geklokte schakelingen zijn vaak gedefinieerde series bit-patronen aan de ingangen aan te bieden, om een bepaalde uitgangstoestand te bewerkstelligen.

De interne opbouw van CMOS-IC's

De meeste CMOS-IC's zijn tegenwoordig van het gebufferde type. Ze worden aangeduid als B-serie, bijv. 4011B.

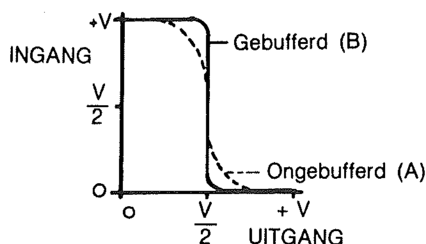


Fig. 6/5.2.a: A resp. B serie uitgangsschakelkarakteristiek

Sommige fabrikanten maken nog A-serie IC's met ongebufferde uitgang, terwijl enkele typen nog door alle fabrikanten in de A-serie worden gemaakt. In dat geval is er een gelijke functie als gebufferde versie onder een ander typenr. verkrijgbaar. De grootste nadelen van de A-serie zijn de zeer geringe belastbaarheid van de uitgangen en het feit, dat de uitgangen nogal traag van niveau veranderen (zie fig. 6/5.2.a), terwijl deze curve nog verslechtert als het aangeboden ingangssignaal ook langzaam verandert. Hoewel de schakeltijd van de gebufferde CMOS meestal wat langer is, verdient deze versie toch de voorkeur. Figuren 6/5.2.b en c laten de interne opbouw van ongebufferde resp. gebufferde CMOS zien.

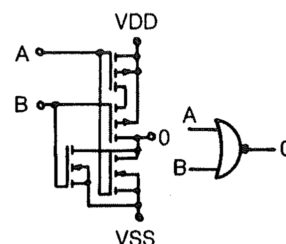


Fig. 6/5.2.b: Ongebufferde CMOS

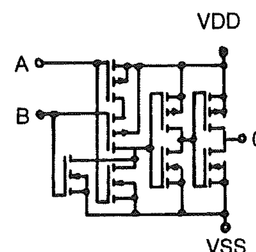


Fig. 6/5.2.c: Gebufferde CMOS

Ingangsbescherming

Om te voorkomen dat de zeer hoogohmige ingangen worden beschadigd door statische elektriciteit hebben alle fabrikanten maatregelen genomen om de ingan-

gen te beschermen. In de figuren 6/5.2.d t/m g zijn de meest voorkomende vormen te zien. Om beschadiging van de ingangsbescherming zelf te voorkomen moet de ingangsstroom altijd op ± 10 mA worden begrensd.

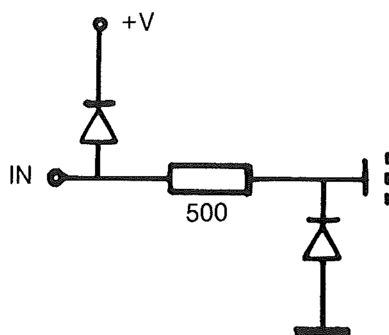


Fig. 6/5.2.d: Inputprotectie

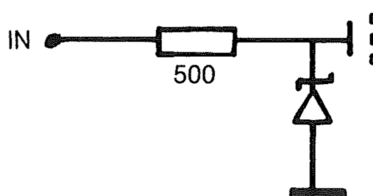


Fig. 6/5.2.e: Inputprotectie

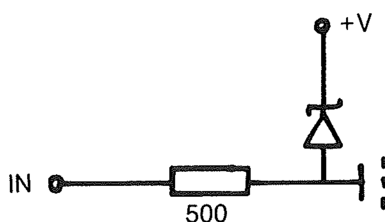


Fig. 6/5.2.f: Inputprotectie

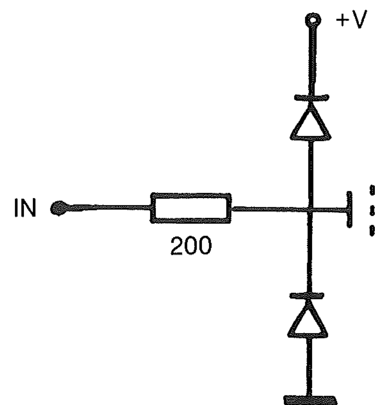


Fig. 6/5.2.g: Inputprotectie

Ingangs-karakteristiek

De ingangsimpedantie van CMOS-IC's is zeer hoog. De ingangscapaciteit ligt tussen de 1,5 en 5 pF. Het omschakelpunt tussen laag en hoog ligt op de halve voedingsspanning. De gegarandeerd als zodanig herkende hoog en laag niveaus op de ingang zijn 3,5 V resp. 1,5 V bij VVD = 5 V en 7 V resp. 3 V bij VDD = 10 V.

Niet gebruikte ingangen moeten altijd met een gedefinieerd niveau worden verbonden!

Uitgangs-karakteristieken

De fan-out van CMOS-IC's (B-serie) voor IC's van dezelfde familie is nagenoeg ongelimiteerd. Als praktisch getal wordt meestal 40..50 ingangen aangehouden, tenzij een hogere schakelfrequentie gewenst wordt. De uitgangshoog-spanning is ca. 4,95 V en de uitgangs-laag-spanning ca. 0,05 V bij VDD = 5 V en resp. 9,95 V en 0,05 V bij VDD = 10 V. De uitgangsimpedantie van A-

serie IC's is mede afhankelijk van de logische toestand van de ingangen. Tussen de verschillende fabrikanten bestaat er nogal wat verschil in snelheid en uitgangsvermogen van de verschillende IC's. Dit kan bij interfacing naar andere soorten IC's soms problemen opleveren.

CMOS voeding

CMOS-schakelingen hebben een laag stroomverbruik. De tolerantie ten opzichte van storingen en rimpel is relatief groot. CMOS-schakelingen werken met een voedingsspanning tussen de 3 V en 15 V. Echter bij 9..12 V is de werking optimaal voor wat betreft snelheid en uitgangsvermogen, terwijl de storingsongevoeligheid groot is. Hoewel CMOS goed werkt bij een voeding van 5 V, is de snelheid meer dan gehalveerd en zijn ook het uitgangsvermogen en de storingsongevoeligheid veel minder geworden. Als een schakeling veel CMOS bevat verdient het dikwijls aanbeveling van een hogere voedingsspanning uit te gaan zelfs als daardoor een CMOS-TTL-interface nodig is. De benodigde stroom is niet zo eenvoudig in een tabelvorm weer te geven, daar zij afhankelijk is van de voedingsspanning en de snelheid (frequentie) van de signalen die geschakeld worden. Afgezien van het zeer lage rustvermogen (ca. 10 nW per poort) gebruikt CMOS alleen stroom bij het veranderen van de logische toestand. Voor het bepalen van de opgenomen stroom raadplege men de datatabellen.
Fig. 6/5.2.h is het schema van een eenvoudige CMOS-voeding
Fig. 6/5.2.i laat zien hoe een batterijvoeding het best is te realiseren

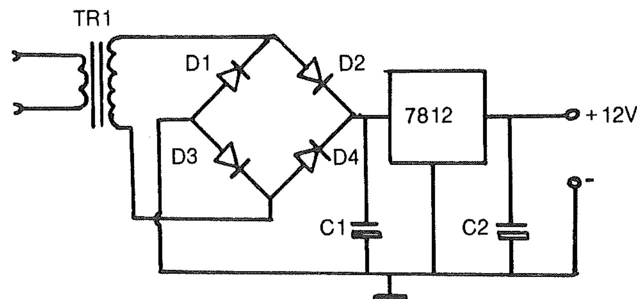


Fig. 6/5.2.h: Eenvoudige CMOS voeding

Onderdelenlijst:

TR1	Transformator 220 V naar 28 V, 200 mA
D1..D4	IN4002
C1	2500 μF, 64 V
C2	0,1 μF, 16 V tantaal
7812	Spanningsregelaar +12 V

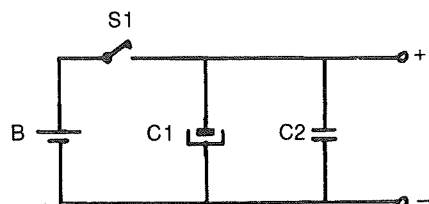


Fig. 6/5.2.i: Batterijvoeding

Onderdelenlijst:

B	Batterij / 9 V
C1	1000 μF, 15 V
C2	0,1 μF, 15 V
S1	Aan/uit schakelaar

Interfacing CMOS-schakelingen

CMOS (5 V) NAAR TTL
Een uitgang van een willekeurige CMOS-poort kan worden verbonden met één low power of één low power Schottky ingang.
Een CMOS-buffer uitgang (zoals 4049, 4050 of 4502) kan worden verbonden met 2 willekeurige TTL-ingangen.
De uitgang van een 4001 of 4002 poort uit de A-serie kan worden verbonden met één TTL-ingang, mits de beide ingangen die bij de betreffende uitgang horen met elkaar zijn doorverbonden.

TTL NAAR CMOS (5V)

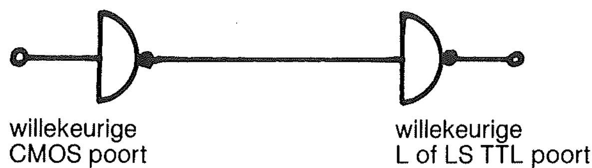
Dit is probleemloos, mits de uitgang van de TTL-poort d.m.v. een pull-up weerstand van 1kΩ...10kΩ met de +5 V voeding is verbonden.

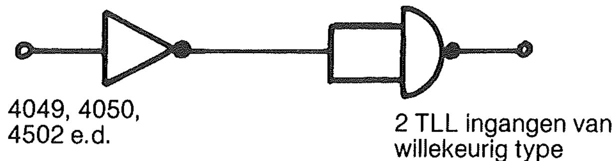
CMOS (>5 V) NAAR TTL

Hierbij dient gebruik te worden gemaakt van level-converter-IC's zoals een 4049 of een 4050.

TTL NAAR CMOS (>5V)

Hierbij kan gebruik gemaakt worden van speciale level-converter-IC's zoals een 4104B of van open collector TTL-IC's, waarvan de uitgang via een 10 kΩ pull-up weerstand met de hogere voedingsspanning is verbonden. Zie figuren 6/5.2.k t/m n





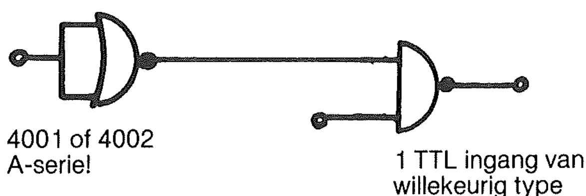


Fig. 6/5.2.k: CMOS naar TTL; voeding +5 V

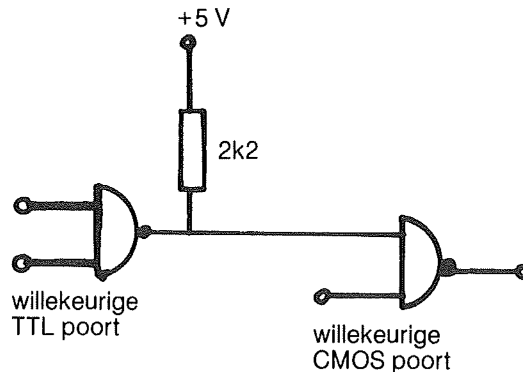


Fig. 6/5.2.l: TTL naar CMOS; voeding +5 V

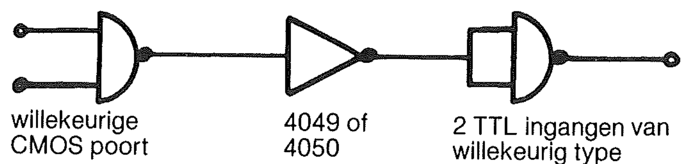


Fig. 6/5.2.m: CMOS (voeding 10 V) naar TTL

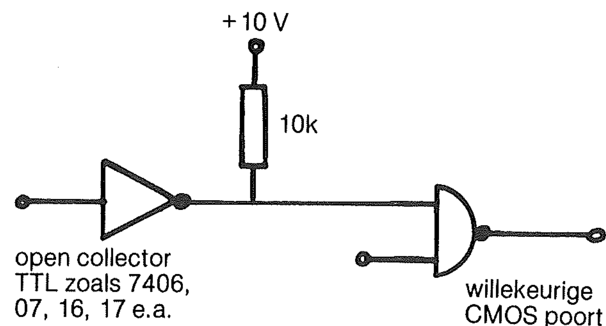


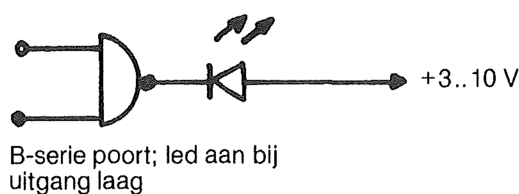
Fig. 6/5.2.n: TTL naar CMOS (voeding 10 V)

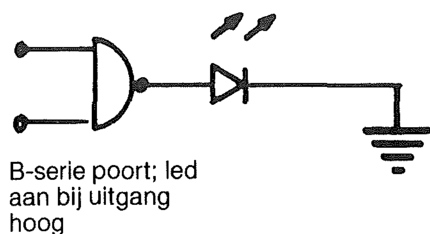
CMOS ALS LED CQ LAMP-DRIVERS

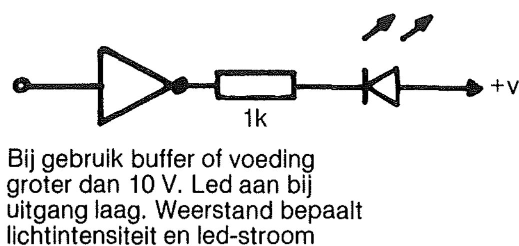
Een gebufferde CMOS-uitgang (B-serie) kan direct een normale LED aansturen, zowel naar de plus als naar de aarde, mits de voedingsspanning niet meer bedraagt dan 10 V.

Voor hogere voedingsspanningen of bij gebruik van buffer-IC's is een serieweerstand van ca 1kΩ nodig. Zie figuur 6/5.2.o. In figuur 6/5.2.p kunt U zien

hoe lampen door CMOS worden gestuurd.







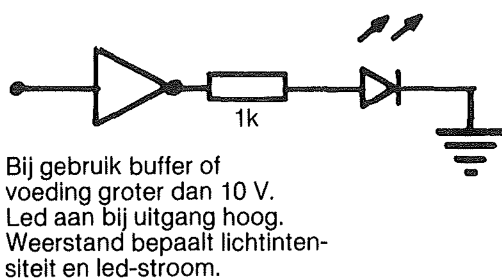
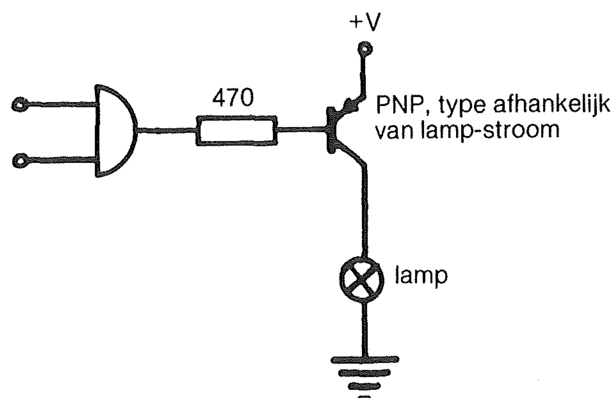


Fig. 6/5.2.o: CMOS als LED-driver



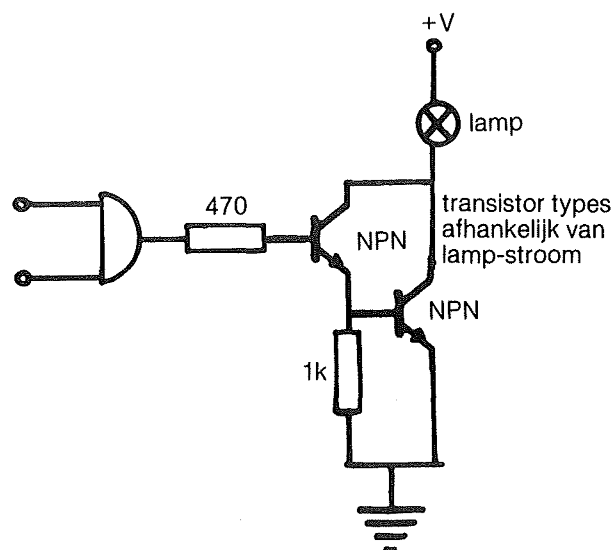


Fig. 6/5.2.p: CMOS als lamp-driver

Het testen van statische CMOS-uitgangen

Het gebruiken van een testpen met alleen een serieweerstand en een LED is ongewenst, aangezien dit een te zware belasting van de CMOS-uitgangen zou kunnen opleveren. Door een 4069 als buffer op te nemen kunnen deze problemen worden omzeild. De „buffer"-pen is voorzien van een plus en een min aan-

sluiting. Soms kunnen deze op een 14 of 16 polige testclip worden aangesloten om zo in één handeling plus en min aan te kunnen sluiten. De testpen kan worden ingebouwd in een huls die bijv. gemaakt kan worden van een stuk pvc-pijp. De testpen is ook te gebruiken voor TTL-schakelingen. Zie figuur 6/5.2.q.

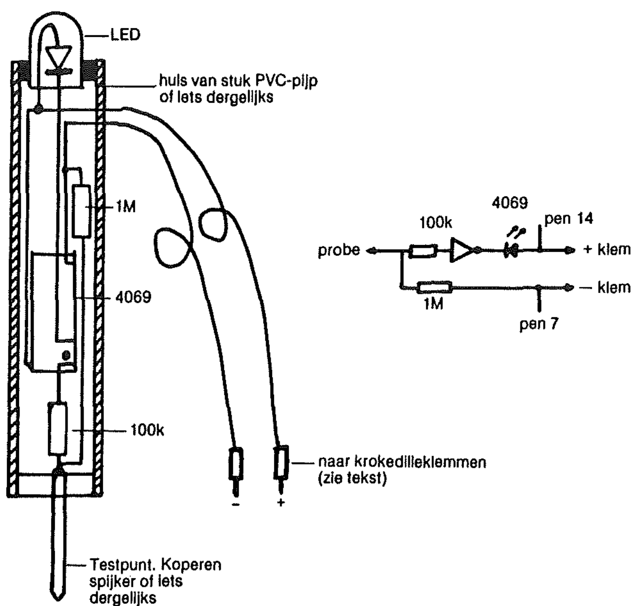


Fig. 6/5.2.q: Testpen voor CMOS

6/5.2.1

Functioneel overzicht CMOS-IC's van de (1)4xxx-familie

Opmerking vooraf

De codering van de IC's uit de 4xxx-serie is van fabrikant tot fabrikant verschillend.
- RCA gebruikt de codering zonder de (1), zoals CD4089;
- Philips voegt de (1) ook niet toe, zoals HEF4089;
- Motorola voegt wél de (1) toe, zoals in MC14089.

Bovendien zijn niet alle typen door alle fabrikanten in productie genomen.
Achter het typenummer staan vaak nog letters als achtervoegsel, zoals:
- A: de oorspronkelijke, ongebufferde en dus ongebalanceerde versie, met maximale voedingsspanning van +15 V;
- B: is een verbeterde versie, die volledige gebalanceerde uitgangen heeft en die bij RCA gegarandeerd wordt tot voedingsspanningen van +20 V, maar waar men in de praktijk uit veiligheidsoverwegingen toch niet meer dan +18 V op moet zetten;
- BU: een ongebufferde versie van de B-versie, dus wel met voedingspanningen tot +18 V.

AND-poorten

(1)4073	3 x 3 in
(1)4081	4 x 2 in
(1)4082	2 x 4 in

OR-poorten

(1)4071	4 x 2 in
(1)4072	2 x 2 in
(1)4075	3 x 3 in
(1)4570	4 x 2 in

NAND-poorten

(1)4011	4 x 2 in
(1)4012	2 x 4 in
(1)4023	3 x 3 in
(1)4068	1 x 8 in

5.2 CMOS-IC's

(1)40107	2 x 2 in, buffer/driver, open drain

NOR-poorten

(1)4000	2 x 3 in + inverter
(1)4001	4 x 2 in
(1)4002	2 x 4 in
(1)4025	3 x 3 in
(1)4078	1 x 8 in

EXOR/EXNOR poorten

(1)4030	4 x 2 in EXOR
(1)4070	4 x 2 in EXOR
(1)4077	4 x 2 in EXNOR
(1)4507	4 x 2 in EXOR
(1)4519	4 x 2 in EXNOR, 4 x 2 naar 1 multiplexer

Schmitt-trigger poorten

(1)4093	4 x 2 in NAND
(1)4106	6 x inverter
(1)4583	2 x Schmitt-trigger met instelbare triggerniveaus
(1)4584	6 x inverter
(1)40106	6 x inverter

Complexe poorten

(1)4019	4 x 2 AND-OR-SELECT
(1)4037	3 x AND/OR bi-fase paren
(1)4048	multi-functionele poort, 8 in, tri-state uit
(1)4085	2 x "two-wide" AND-OR-INVERT
(1)4086	"four-wide" AND-OR-INVERT
(1)4501	drievoudige multi-functionele poort
(1)4506	2 x "two-wide" AND-OR-INVERT, tri-state uit
(1)4519	drievoudige multi-functionele poort
(1)4530	2 x 5 in meerderheidspoort
(1)4572	zesvoudige poort

Level-shifters

(1)4009	6 x inverterende CMOS-TTL converter
(1)4010	6 x bufferende CMOS-TTL converter
(1)4049	6 x inverterende CMOS-TTL converter

5.2 CMOS-IC's

(1)4050	6 x bufferende CMOS-TTL converter
(1)4104	4 x laag- naar hoogspanning shifter, tri-state
(1)4504	6 x TTL-CMOS/CMOS-TTL level shifter
(1)40107	2 x NAND/level-shifter (op/neer)
(1)40109	4 x H-L/L-H level-shifter
(1)40115	8 bit bidirectionele CMOS/TTL level-shifter
(1)40116	8 bit bidirectionele CMOS/TTL level-shifter

Inverters, buffers en line-drivers (zie ook bij transceivers)

(1)4007	2 x complementair paar + inverter
(1)4009	6 x inverterende buffer
(1)4010	6 x buffer
(1)4041	4 x true/complement buffer
(1)4049	6 x inverterende buffer
(1)4050	6 x buffer
(1)4069	6 x inverter
(1)4502	6 x inverterende buffer
(1)4503	zesvoudige tri-state buffer
(1)40107	2 x 2 NAND-buffer, open-drain

Transceivers

(1)4503	6 buffers/bus-drivers met 3-state uitgangen
(1)40097	6 buffers/bus-drivers met 3-state uitgangen
(1)40098	6 buffers/bus-drivers met inverterende 3-state uitgangen
(1)40240	8 buffers/lijndrivers met inverterende 3-state uitgangen
(1)40244	8 buffers/bus-drivers met 3-state uitgangen
(1)40245	8 bus-transceivers met 3-state uitgangen

Type D flip-flop's

(1)4013	2 x D-FF, set en reset
(1)4076	4 x D-FF, 3-state
(1)40174	6 x D-FF, clear
(1)40175	4 x D-FF, clear en complementaire uitgangen
(1)40374	8 x D-FF, 3-state

Type J-K flip-flop's

(1)4027	2 x J-K master-slave, set en reset
(1)4095	J-K master-slave met AND-ingangen
(1)4096	J-K master-slave met AND-ingangen

5.2 CMOS-IC's

Latches

(1)4042	4 x D-type latches, clock met instelbare polariteit
(1)4043	4 x NOR R-S latch
(1)4044	4 x NAND R-S latch
(1)4099	8 bit adresseerbare latch
(1)4597	8 bit bus-compatibele teller met latches
(1)4598	8 bit bus-compatibele adresseerbare latch
(1)4599	8 bit adresseerbare latch
(1)4724	8 bit adresseerbare latch

Latches met tri-state uitgangen

(1)4043	4 x R/S-latches, 3-state
(1)4044	4 x R/S-latches, 3-state
(1)4508	2 x 4 bit latches, 3-state
(1)40373	8 x D-type latches, 3-state

Binaire tellers

(1)4020	14 bit binaire teller
(1)4024	7 traps binaire teller
(1)4040	12 traps binaire teller
(1)4045	21 traps binaire teller met oscillator
(1)4060	14 traps binaire teller met oscillator
(1)4161	presetbare binaire teller
(1)4163	presetbare binaire teller
(1)4516	presetbare binaire op/neer-teller
(1)4520	2 binaire tellers
(1)4521	24 traps frequentie-deler
(1)40103	8 traps presetbare synchrone neer-teller
(1)40161	presetbare binaire teller
(1)40163	presetbare binaire teller
(1)40193	presetbare 4 bit op/neer-teller

BCD-tellers

(1)4510	presetbare BCD op/neer-teller
(1)4518	2 x 10-tellers
(1)4534	"real-time" 5-decaden teller
(1)4553	drie digit BCD-teller
(1)4737	viervoudige statische decaden teller
(1)40160	presetbare 10-teller met asynchrone clear
(1)40162	presetbare 10-teller met synchrone clear

5.2 CMOS-IC's

(1)41160 presetbare 10-teller met asynchrone clear
(1)41162 presetbare 10-teller met synchrone clear
(1)40192 presetbare op/neer 10-teller

Tellers volgens afwijkende code of met omschakelbare code

(1)4018 presetbare n-teller
(1)4029 4 bit presetbare op/neer-teller, binair of decimaal
(1)4059 programmeerbare n-teller
(1)4522 programmeerbare deel-door-n BCD neer-teller
(1)4526 programmeerbare deel-door-n binaire teller
(1)4566 industriële tijdbasis generator
(1)4569 2 x programmeerbare deel-door-n binaire/BCD neer-tellers
(1)40102 8 traps presetbare decimale neer-teller

Tellers met gedecodeerde uitgangen

(1)4017 5 traps Johnson-teller
(1)4022 4 traps Johnson-teller
(1)4026 10-teller/deler met 7-segment decoder/driver
(1)4033 10-teller/deler met 7-segment decoder/driver
(1)4536 programmeerbare timer, 24 traps binaire teller, one-shot uitgang (timer)
(1)4553 3-cijferige BCD-teller met oscillator, latches en multiplexer

Schuifregisters

(1)4006 18 traps, instelbaar
(1)4014 8 bit, synchroon parallel-in, serie-in/uit
(1)4015 2 x 4 bit, serie-in/parallel-uit, reset
(1)4021 8 bit, asynchroon parallel-in, synchroon serie-in/serie-uit
(1)4031 64 traps serie-in/serie-uit
(1)4034 8 bit universeel busregister
(1)4035 4 bit parallel-in/uit, true/complement ingang en clear
(1)4062 200 traps dynamisch, 1- of 2-fase clock
(1)4094 8 traps schuif-/opslagregister serie-in/parallel-uit, tri-state
(1)4194 4 bit bidirectioneel, serie-in/-uit, parallel-in/-uit, hold, reset
(1)4517 2 x 64 bit, aftakkingen per 16-bit
(1)4557 1 tot 64 bit (variabel), serie-in/-uit
(1)4562 128 bit, aftakkingen per 16 bit
(1)4580 4 x 4 Multiport register
(1)4731 4 x 64 bit, serie-in/-uit
(1)40100 32 traps, LIFO, FIFO, recirculeren

5.2 CMOS-IC's

(1)40105 16 x 4 bit FIFO met tri-state uitgangen
(1)40194 4 bit bidirectioneel, serie-in/-uit, parallel-in/-uit, hold, reset
(1)40195 4 bit parallel-in/-uit, clear
(1)41195 4 bit parallel-in/-uit, clear

Code-omzetters

(1)4028 BCD-naar-decimaal en binair-naar-octaal omzetter
(1)4419 2 bij 8 toetsenbord matrix naar binair

Data selectors, decoders, digitale multiplexers

(1)4019 4 x 2-naar-1 data selector/multiplexer
(1)4512 achtkanaals data selector/multiplexer met tri-state uitgangen
(1)4514 4-naar-16 decoder, 4 bit latch, aktief hoge uitgangen
(1)4515 4-naar-16 decoder, 4 bit latch, aktief lage uitgangen
(1)4519 4 x 2-naar-1 data selector/multiplexer of 4 bit AND/OR selector
(1)4532 8-naar-3 priority encoder
(1)4539 2 x 4-naar-1 data selector/multiplexer
(1)4555 2 x binair naar 1-uit-4 decoder/demultiplexer, aktief hoge uitgangen
(1)4556 2 x binair naar 1-uit-4 decoder/demultiplexer, aktief lage uitgangen
(1)40147 10-naar-4 BCD priority encoder
(1)40257 4 x 2-naar-1 data selector/multiplexer met tri-state uitgangen

BCD-naar-7-segment decoders, display-drivers

(1)4054 4-segment display driver (level shifter)
(1)4055 BCD-naar-7-segment decoder/driver
(1)4056 BCD-naar-7-segment latch/decoder/driver
(1)4493 binair-naar-7-segment latch/decoder/driver
(1)4494 binair-naar-7-segment latch/decoder/driver
(1)4495 hexadecimaal-naar-7-segment latch/decoder/driver, aktief hoge uitgangen
(1)4499 4 digit 7-segment LED-display decoder/driver (aktief HOOG) met seriële interface
(1)4511 BCD-naar-7-segment latch/decoder/driver (aktief HOOG)
(1)4513 BCD-naar-7-segment latch/decoder/driver (aktief HOOG)
(1)4543 BCD-naar-7-segment latch/decoder en driver
(1)4544 BCD-naar-7-segment latch/decoder/driver (aktief HOOG) voor LCD's
(1)4547 high current BCD-naar-7-segment latch/decoder/driver (aktief HOOG)
(1)4558 BCD-naar-7-segment decoder (aktief HOOG)
(1)4754 18 segment LCD-driver voor thermometer schalen
(1)40110 op/neer-teller met latch/decoder/driver voor 7-segment
(1)44100 32 segment duplex mode LED-driver
(1)44115 16 segment LCD-driver
(1)44117 4 digit duplex mode LCD-driver met decoder

5.2 CMOS-IC's

(1)45000	gemultiplexte 48 segment LCD-driver met seriële ingang (master)
(1)45001	gemultiplexte 44 segment LCD-driver met seriële ingang (slave)
(1)45453	LCD-driver met seriële interface

Full adders/subtractors

(1)4008	4 bit full adder met snelle carry
(1)4032	drievoudige seriële adder voor positieve logika
(1)4038	drievoudige seriële adder voor negatieve logika
(1)4560	NBCD-adder (subtractor bij gebruik van (1)4561)
(1)4561	9's complementer
(1)4582	carry block voor full adders
(1)40182	look ahead carry generator

Magnitude comparatoren/pariteits checkers

(1)4063	4 bit magnitude comparator
(1)4531	12 bit pariteits checker
(1)4585	4 bit magnitude comparator
(1)40101	9 bit pariteits checker

Binaire multipliers

(1)4089	binaire rate multiplier
(1)4527	BCD rate multiplier
(1)4554	2 bit x 2 bit binaire multiplier

Arithmetic Logic Unit's (ALU's)

(1)4581	4 bit ALU
(1)40181	4 bit ALU

Geheugens

(1)4426	8 x 14 bit statisch RAM voor tuners
(1)4505	64 x 1 bit statisch RAM
(1)4524	256 x 4 bit ROM
(1)4537	256 x 1 bit statisch RAM
(1)4552	64 x 4 bit statisch RAM
(1)4580	4 x 4 Multiport register
(1)4720	256 x 1 bit RAM
(1)40108	4 x 4 Multiport register
(1)40208	4 x 4 Multiport register
(1)44102	16 x 16 bit statisch RAM

5.2 CMOS-IC's

Successive approximation registers

(1)4549 8 bit SAR met MR-ingang, uitbreidbaar
(1)4559 8 bit SAR met FF-ingang voor verkorte cyclus

ADC en DAC

(1)4433 3,5 digit ADC
(1)4442 microprocessor-compatibele ADC
(1)4443 zeskanaals ADC subsysteem
(1)4444 microprocessor-compatibele ADC
(1)4447 zeskanaals ADC subsysteem
(1)44110 zesvoudige DAC
(1)44111 viervoudige DAC
(1)45040 seriële ADC
(1)45041 seriële ADC

Operationele versterkers en comparatoren

(1)4573 viervoudige programmeerbare operationele versterker
(1)4574 viervoudige programmeerbare comparator
(1)4575 tweevoudige operationele versterker of comparator

Analoge multiplexers

(1)4016 4 x analoge omschakelaar
(1)4051 achtkanaals analoge schakelaar
(1)4052 2 x vierkanaals analoge schakelaar
(1)4053 3 x tweekanaals analoge schakelaar
(1)4066 4 x analoge omschakelaar
(1)4067 zestienkanaals analoge schakelaar
(1)4097 differentiële achtkanaals analoge schakelaar
(1)4529 2 x 4-naar-1 analoge schakelaar met tri-state uitgangen
(1)4551 4 x tweekanaals analoge schakelaar
(1)4741 matrixschakelaar, van 4 horizontale lijnen naar 4 vertikale lijnen met geheugen

Timers en oscillatoren

(1)4045 21 traps binaire teller met oscillator
(1)4060 14 traps binaire teller met oscillator
(1)4415 viervoudige timer met driver
(1)4536 programmeerbare timer, 24 traps binaire teller, one-shot uitgang
(1)4541 programmeerbare oscillator/timer
(1)4566 industriële tijdbasis met timer

5.2 CMOS-IC's

(1)4722 binaire, programmeerbare timer/counter
(1)4753 universele timer

Astabiele en monostabiele multivibratoren

(1)4047 monostabiele/astabiele multivibrator
(1)4098 dubbele monostabiele multivibrator
(1)4528 dubbele monostabiele multivibrator
(1)4538 dubbele precisie-monostabiele multivibrator, hertriggerbaar, met clear
(1)4548 dubbele monostabiele multivibrator, hertriggerbaar, met clear

Phase locked loop's (PLL) en frequentie-synthesizers

(1)4046 PLL
(1)4568 fase comparator met programmeerbare teller
(1)4750 frequentie-synthesizer
(1)4751 universele deler voor PLL's
(1)45104 PLL en frequentie-synthesizer
(1)45106 PLL en frequentie-synthesizer
(1)45107 PLL en frequentie-synthesizer
(1)45109 PLL en frequentie-synthesizer
(1)45112 PLL en frequentie-synthesizer
(1)45143 PLL en frequentie-synthesizer
(1)45144 4 bit data-bus voor PLL en frequentie-synthesizers
(1)45145 4 bit data-bus voor PLL en frequentie-synthesizers
(1)45146 4 bit data-bus voor PLL en frequentie-synthesizers
(1)45151 PLL en frequentie-synthesizer met parallelle ingangen
(1)45152 PLL en frequentie-synthesizer met parallelle ingangen
(1)45155 PLL en frequentie-synthesizer met seriële ingangen
(1)45156 PLL en frequentie-synthesizer met seriële ingangen
(1)45157 PLL en frequentie-synthesizer met seriële ingangen
(1)45158 PLL en frequentie-synthesizer met seriële ingangen
(1)45159 PLL en frequentie-synthesizer met seriële ingangen

Schakelingen voor draadloze afstandsbediening

(1)4457 zender voor afstandsbediening
(1)4458 ontvanger voor afstandsbediening
(1)4469 adresseerbare asynchrone zender/ontvanger
(1)4497 zender voor afstandsbediening
(1)44104 zender voor afstandsbediening
(1)44105 zender voor afstandsbediening
(1)44122 ontvanger voor afstandsbediening
(1)44124 ontvanger voor afstandsbediening

5.2 CMOS-IC's

(1)45026 encoder voor draadloze systemen
(1)45027 decoder voor draadloze systemen
(1)45028 decoder voor draadloze systemen
(1)45029 decoder voor draadloze systemen

Diversen

(1)4411 bit rate frequentie generator
(1)4429 geheugencontrole voor afstemtuners
(1)4430 encoder voor adressen
(1)4466 rook detector
(1)4467 rook detector
(1)4468 rook detector
(1)4490 zesvoudige onderdrukker van contactdender
(1)4500 controle-IC voor industriële toepassingen
(1)4738 IEC/IEEE bus interface
(1)4752 snelheidsregelaar voor wisselstroom motoren
(1)4755 transceiver voor seriële data-communicatie
(1)40117 2 x 4 bit terminator
(1)44130 stereo-decoder voor TV-systemen
(1)45414 tweevoudig laagdoorlaat filter

6/5.2.2

Aansluitgegevens en logische symbolen van Low Voltage CMOS-IC's

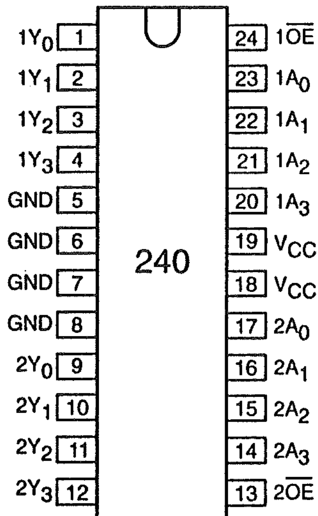
Philips heeft in 1992 een nieuwe reeks CMOS-IC's in de handel gebracht, waarvan de voornaamste eigenschap is dat zij werken met een voedingsspanning van slechts +3,3 V en een minimaal stroomverbruik hebben. Deze schakelingen zijn ideaal voor draagbare apparatuur en combinaties met de moderne processoren zoals de i80386SL die ook met een voedingsspanning van slechts 3,3 V werken.
De fabrikant brengt twee reeksen op de markt:

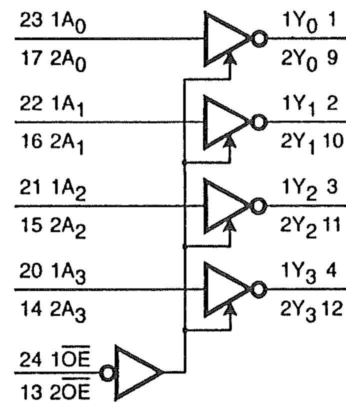
- de LV-serie bevat schakelingen die ook bekend zijn uit de standaard 74xxx-familie, zoals de 74LV00, een viervoudige NAND zoals de 7400;
- de HL-serie bevat een aantal schakelingen, die als algemene eigenschap hebben dat zij bedoeld zijn om te interfacen op achtvoudige bussen.

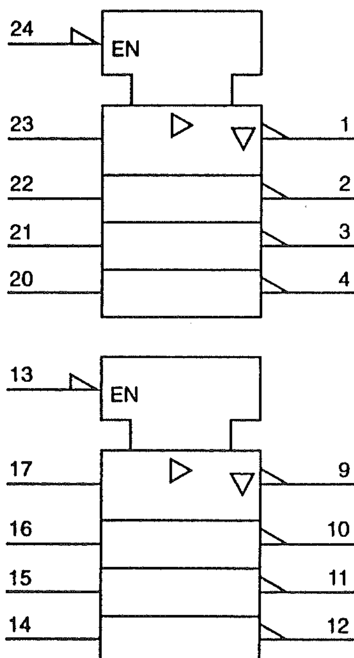
Deze laatste serie is veelbelovend, omdat uiteraard het interfacen op achtvoudige bussen volop in de belangstelling staat! Ieder processorsysteem werkt immers met gegevens en adressen die ofwel uit bytes van 8 bit bestaan, ofwel uit woorden die een veelvoud van 8 bit bevatten.

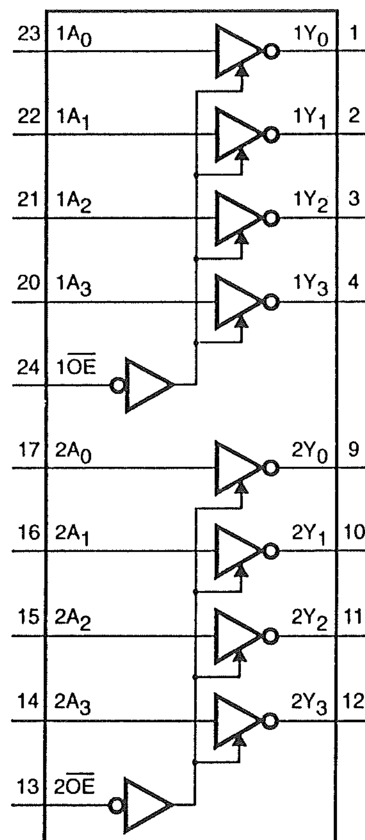
In dit hoofdstuk worden de aansluitgegevens, de logische symbolen, de IEC-symbolen en de functionele blokschema's van deze octaal-schakelingen samengevat.

5.2 CMOS-IC's

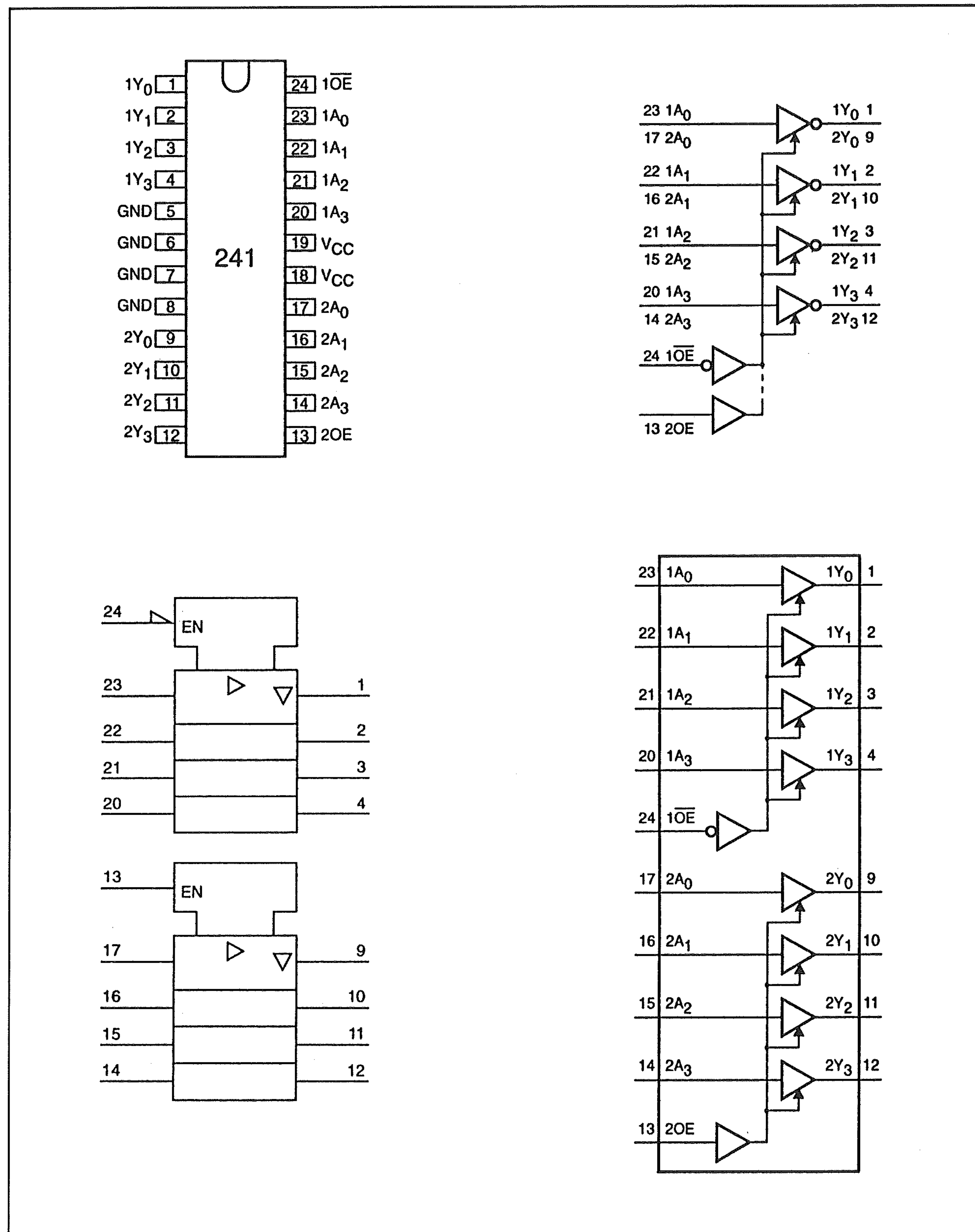

1Y0 1
1Y1 2
1Y2 3
1Y3 4
GND 5
GND 6
GND 7
GND 8
2Y0 9
2Y1 10
2Y2 11
2Y3 12
240
24 1OE
23 1A0
22 1A1
21 1A2
20 1A3
19 VCC
18 VCC
17 2A0
16 2A1
15 2A2
14 2A3
13 2OE


23 1A0
17 2A0
22 1A1
16 2A1
21 1A2
15 2A2
20 1A3
14 2A3
24 1OE
13 2OE
1Y0 1
2Y0 9
1Y1 2
2Y1 10
1Y2 3
2Y2 11
1Y3 4
2Y3 12


24
EN
23
22
21
20
1
2
3
4
13
EN
17
16
15
14
9
10
11
12

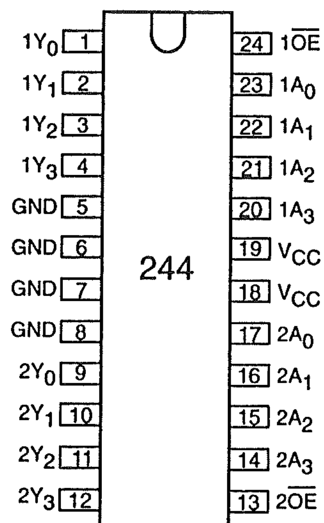

23 1A0
22 1A1
21 1A2
20 1A3
24 1OE
17 2A0
16 2A1
15 2A2
14 2A3
13 2OE
1Y0 1
1Y1 2
1Y2 3
1Y3 4
2Y0 9
2Y1 10
2Y2 11
2Y3 12

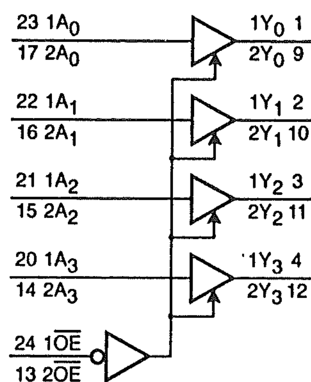
5.2 CMOS-IC's

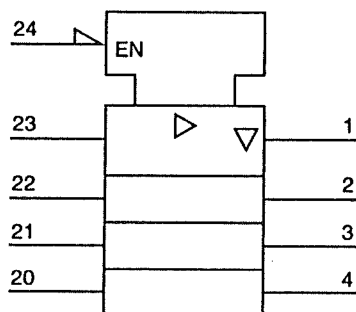


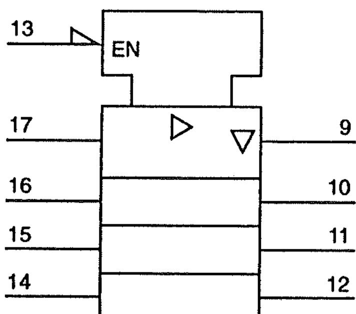
74HL33241 achtvoudige tri-state buffer en line driver

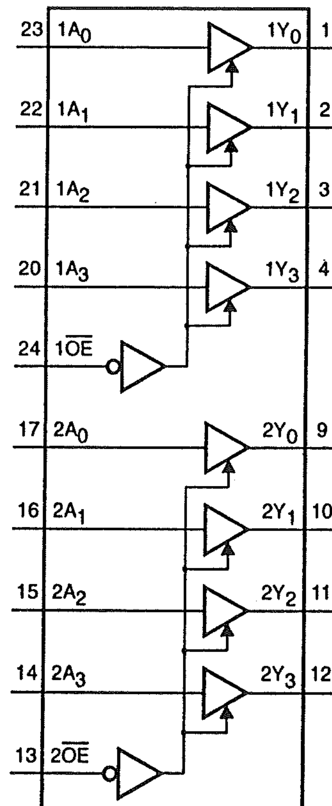
5.2 CMOS-IC's





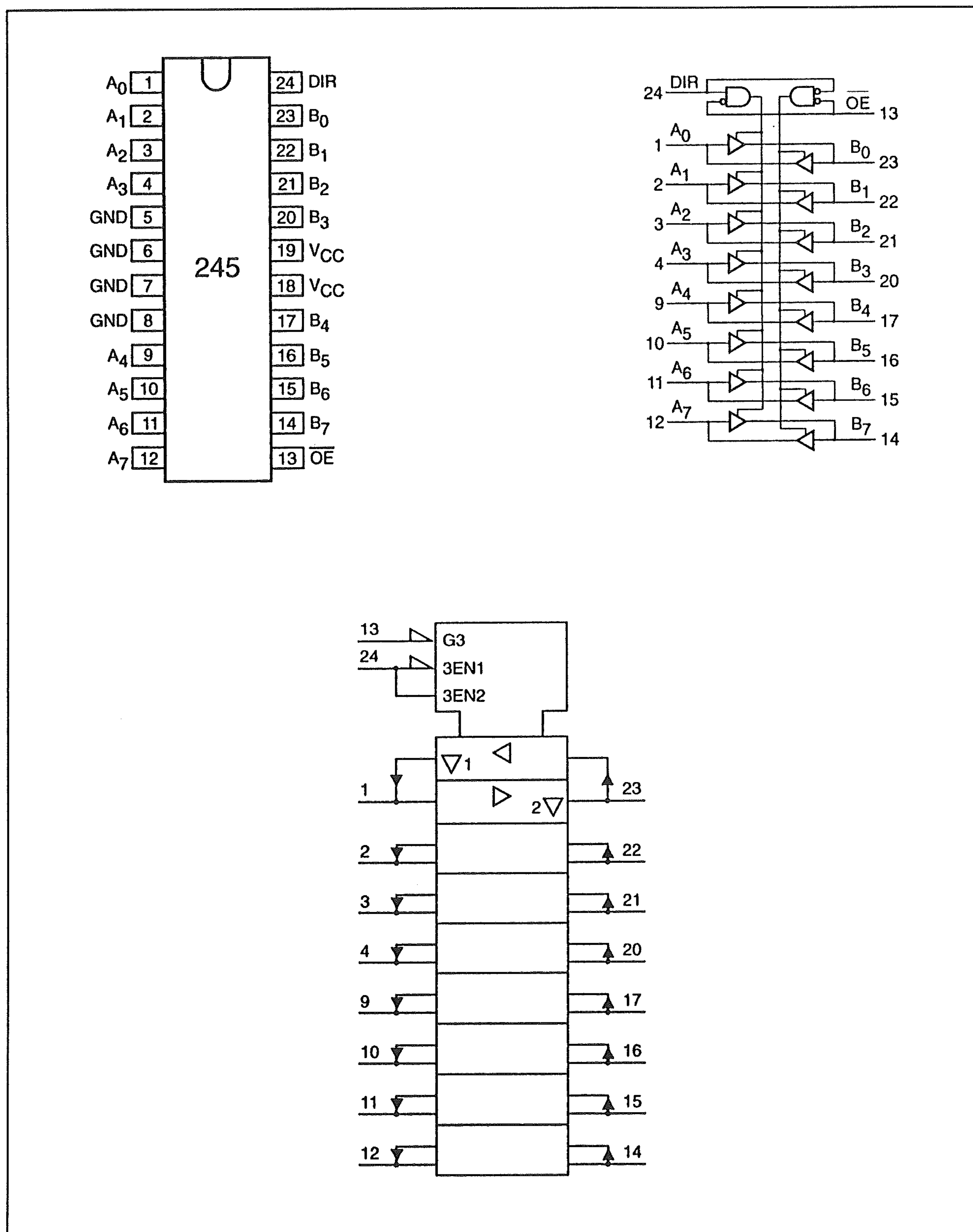






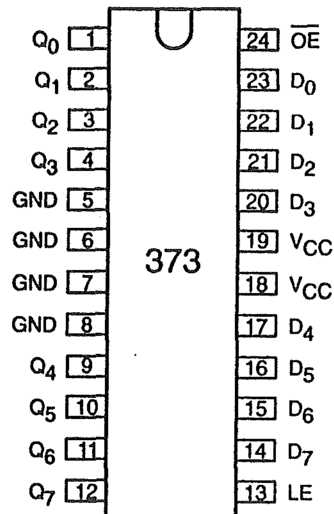
74HL33244 achtvoudige tri-state buffer en line driver

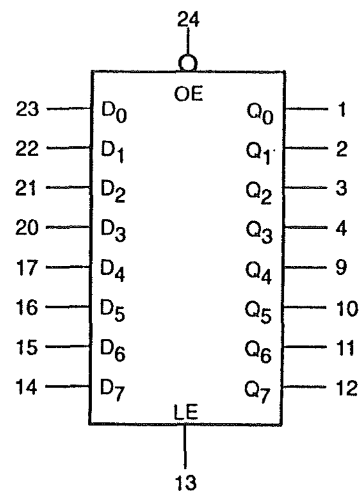
5.2 CMOS-IC's

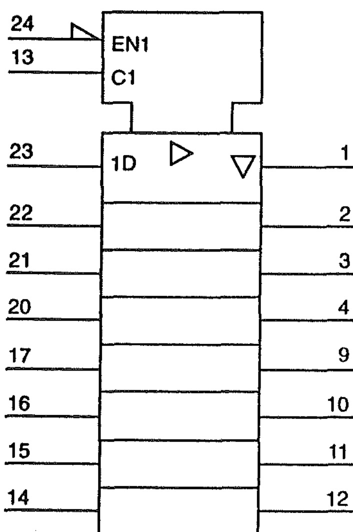


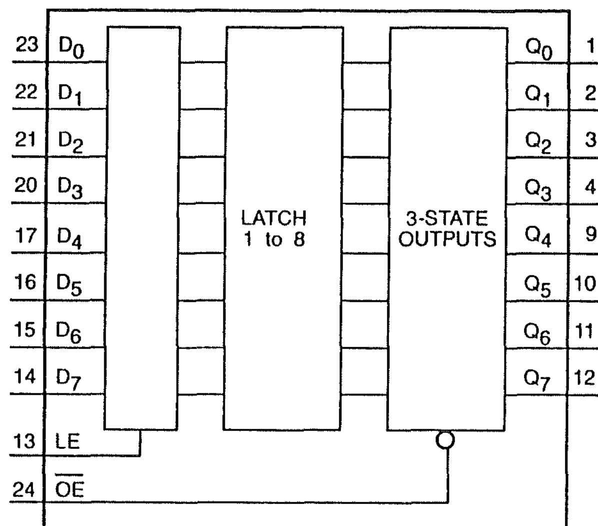
74HL33245 achtvoudige tri-state transceiver met richting bepaling

5.2 CMOS-IC's



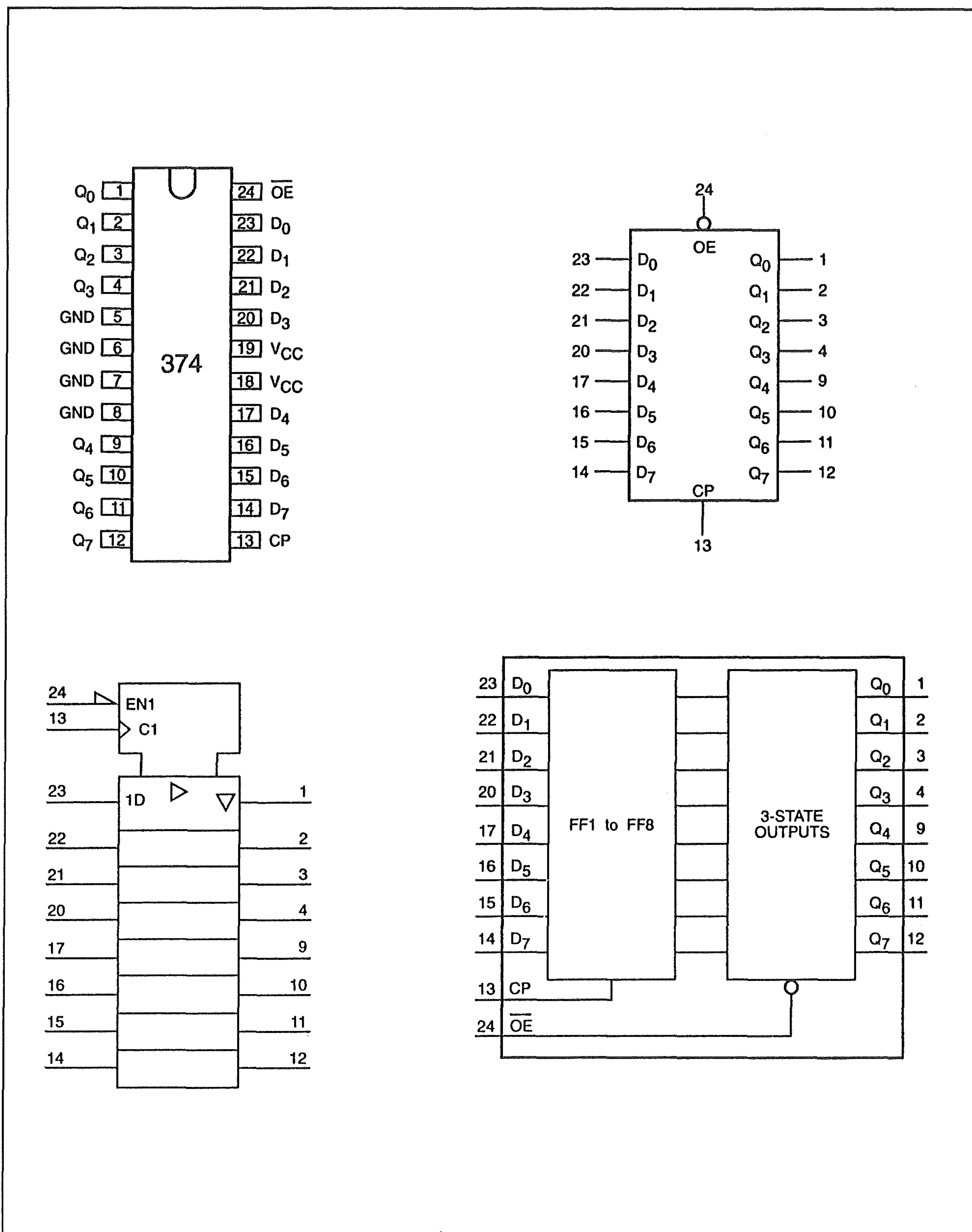






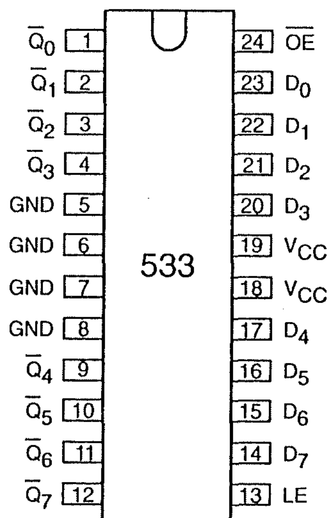
74HL33373 achtvoudige tri-state transparante latch, type-D

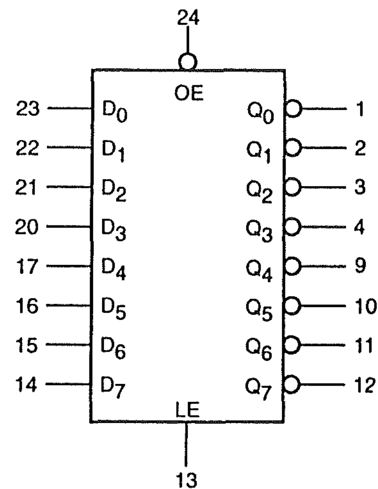
5.2 CMOS-IC's

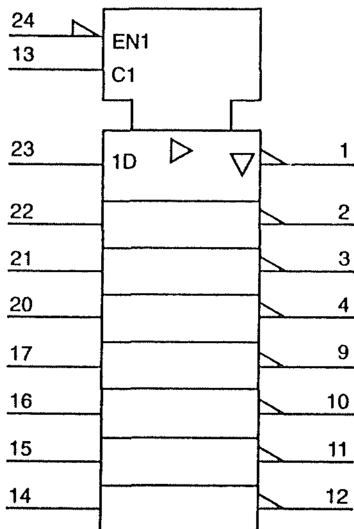


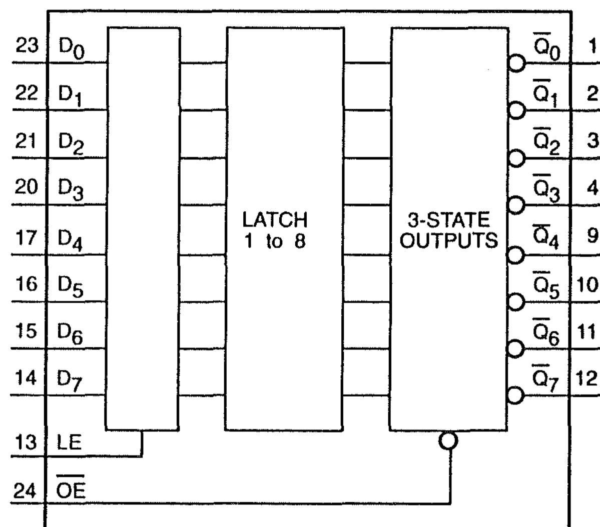
74HL33374 achtvoudige tri-state type-D flip-flop

5.2 CMOS-IC's



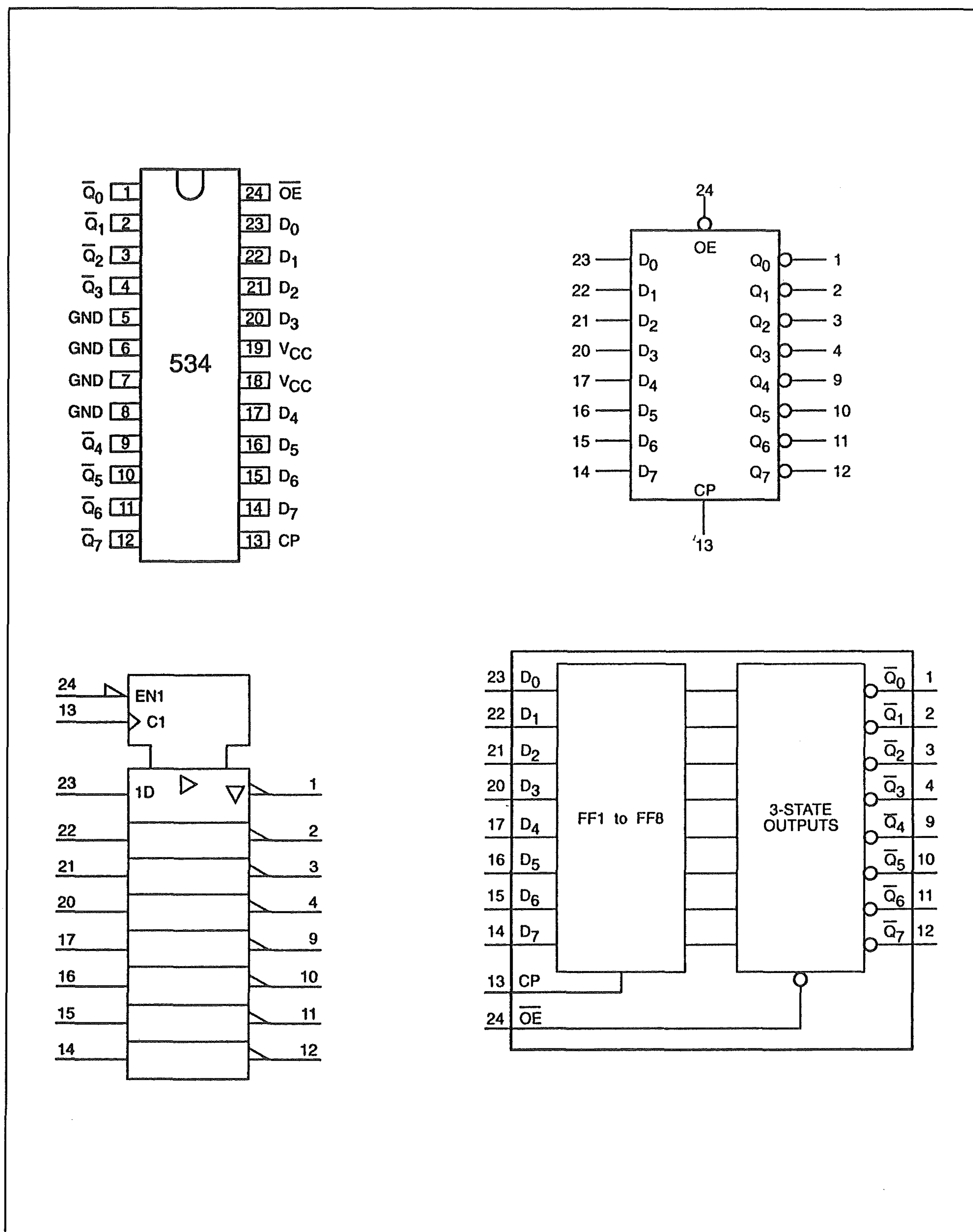






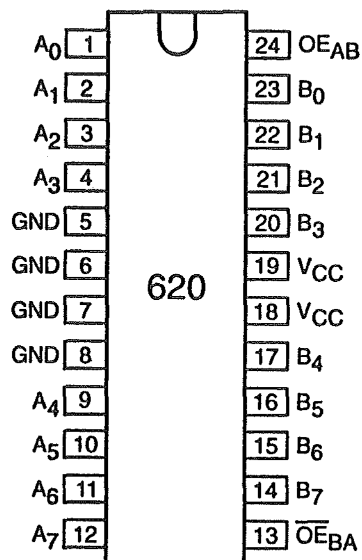
74HL33533 achtvoudige tri-state transparante latch, type-D

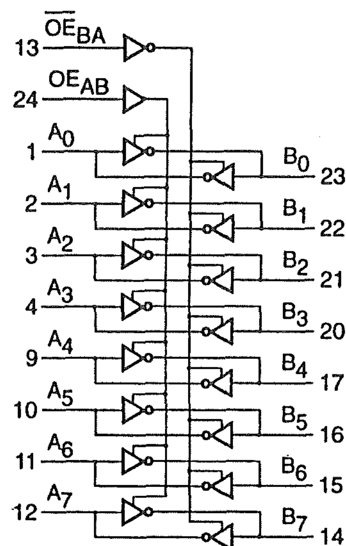
5.2 CMOS-IC's

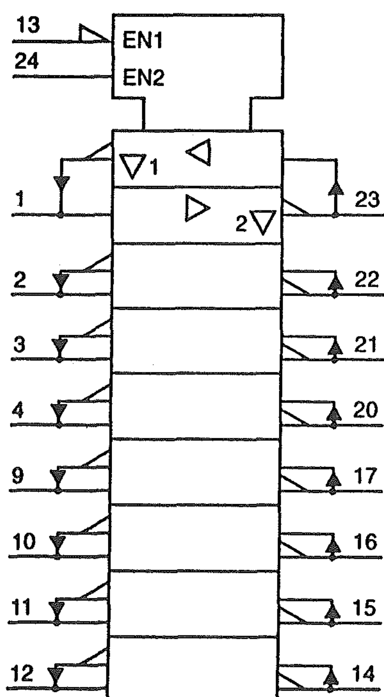


74HL33534 achtvoudige tri-state type-D flip-flop

5.2 CMOS-IC's





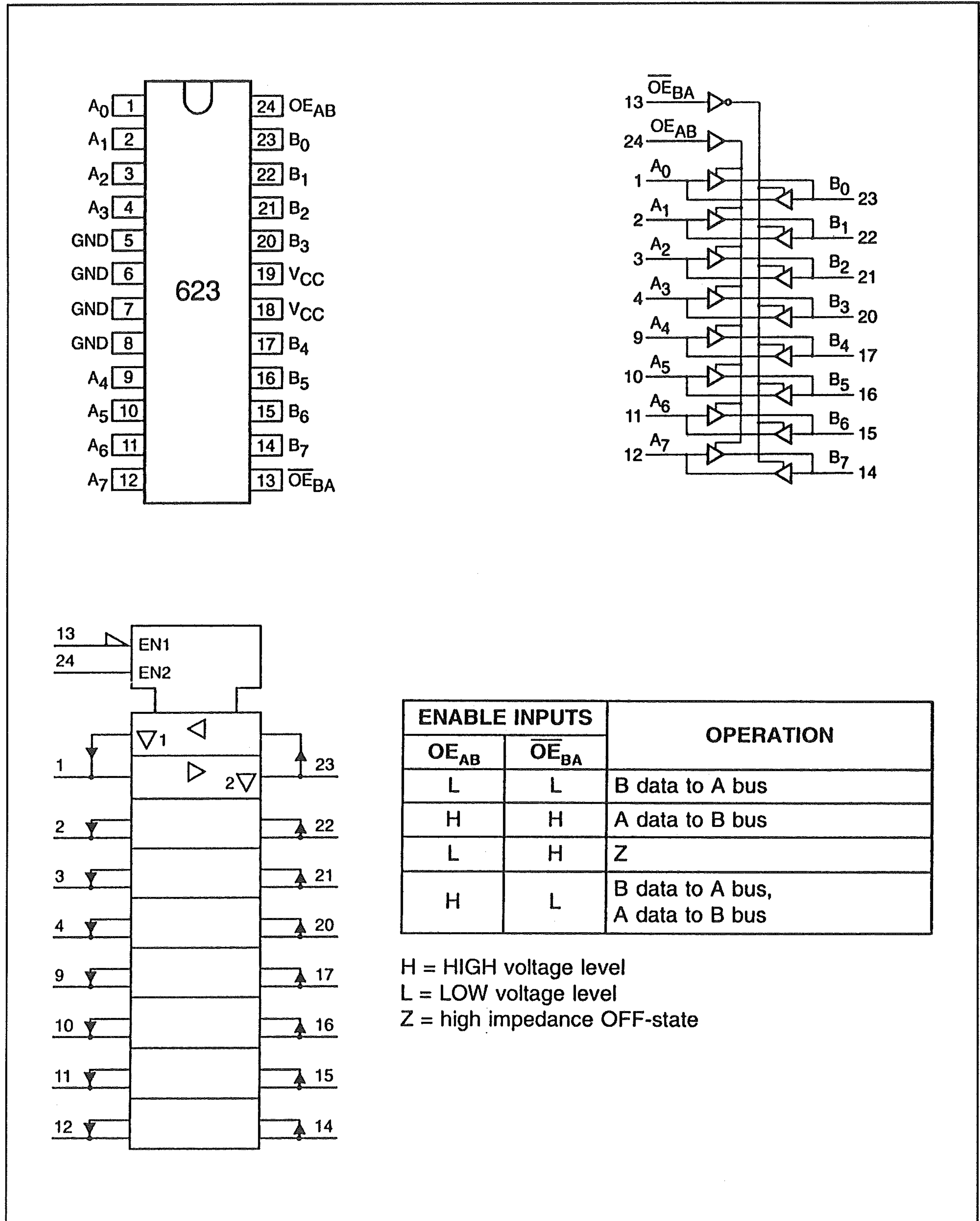


ENABLE INPUTS		OPERATION
OE_{AB}	$\overline{OE}_{BA}$	
L	L	$\overline{B}$ data to A bus
H	H	$\overline{A}$ data to B bus
L	H	Z
H	L	$\overline{B}$ data to A bus, $\overline{A}$ data to B bus

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
Z = high impedance OFF-state

74HL33620 achtvoudige tri-state transceiver

5.2 CMOS-IC's

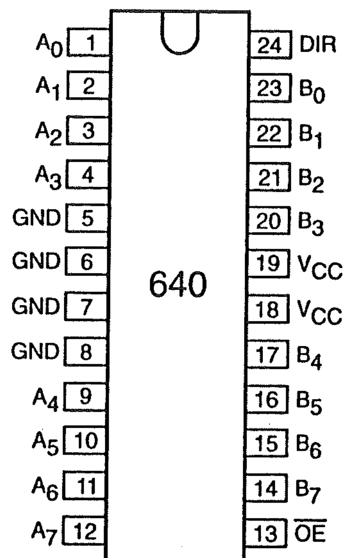


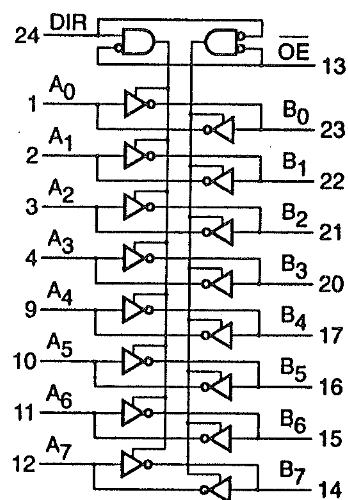
ENABLE INPUTS		OPERATION
OE_{AB}	$\overline{OE}_{BA}$	
L	L	B data to A bus
H	H	A data to B bus
L	H	Z
H	L	B data to A bus, A data to B bus

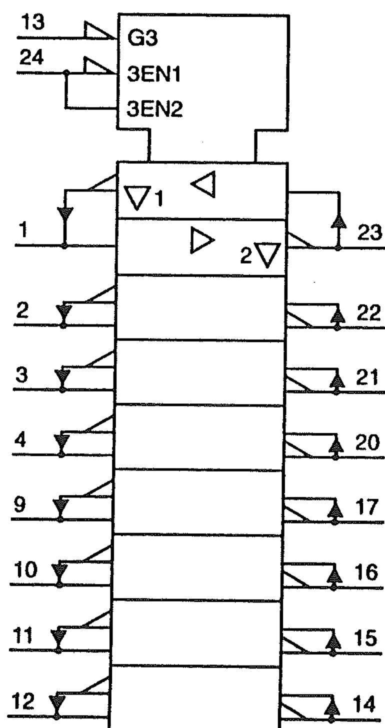
H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
Z = high impedance OFF-state

74HL33623 achtvoudige tri-state transceiver

5.2 CMOS-IC's

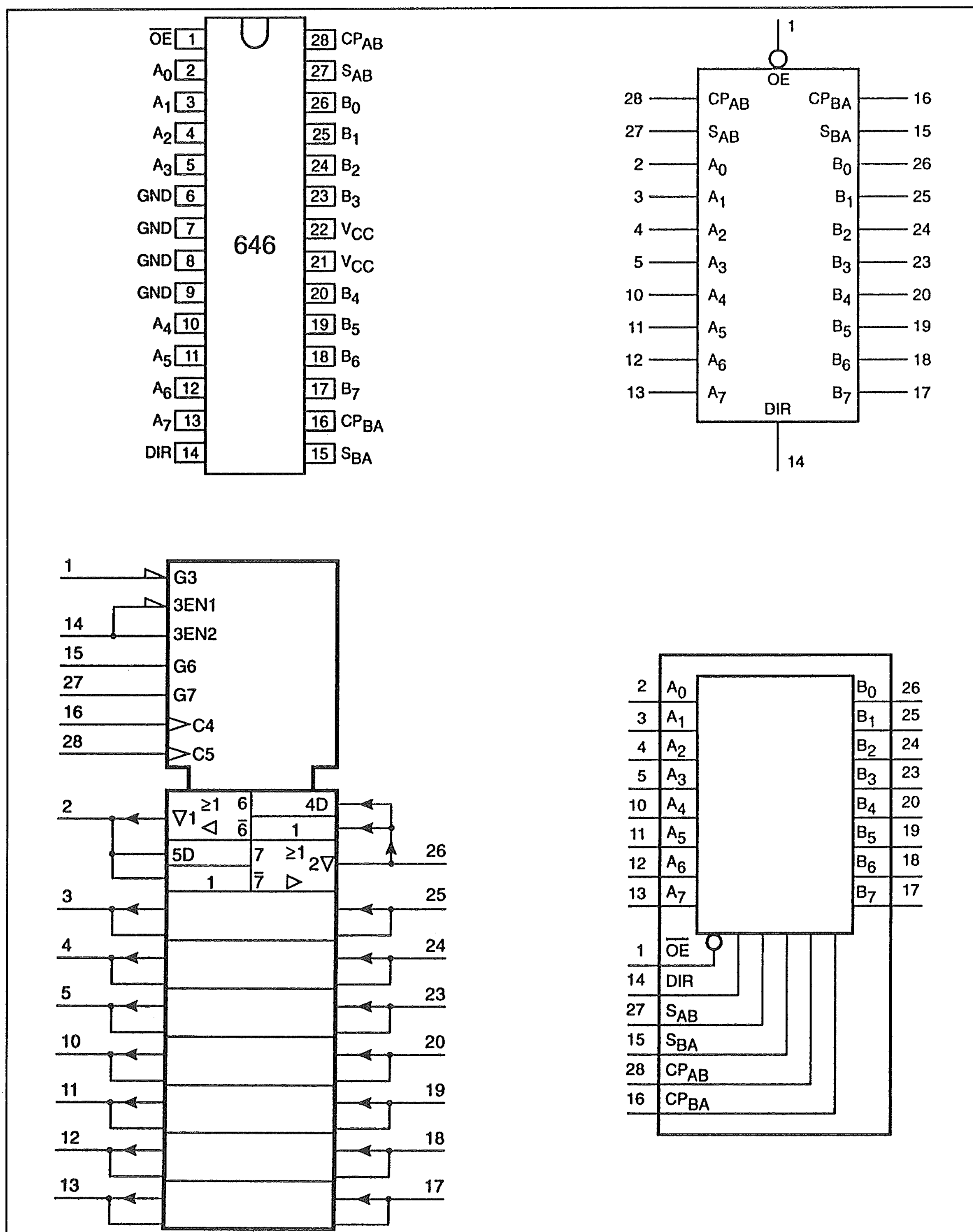






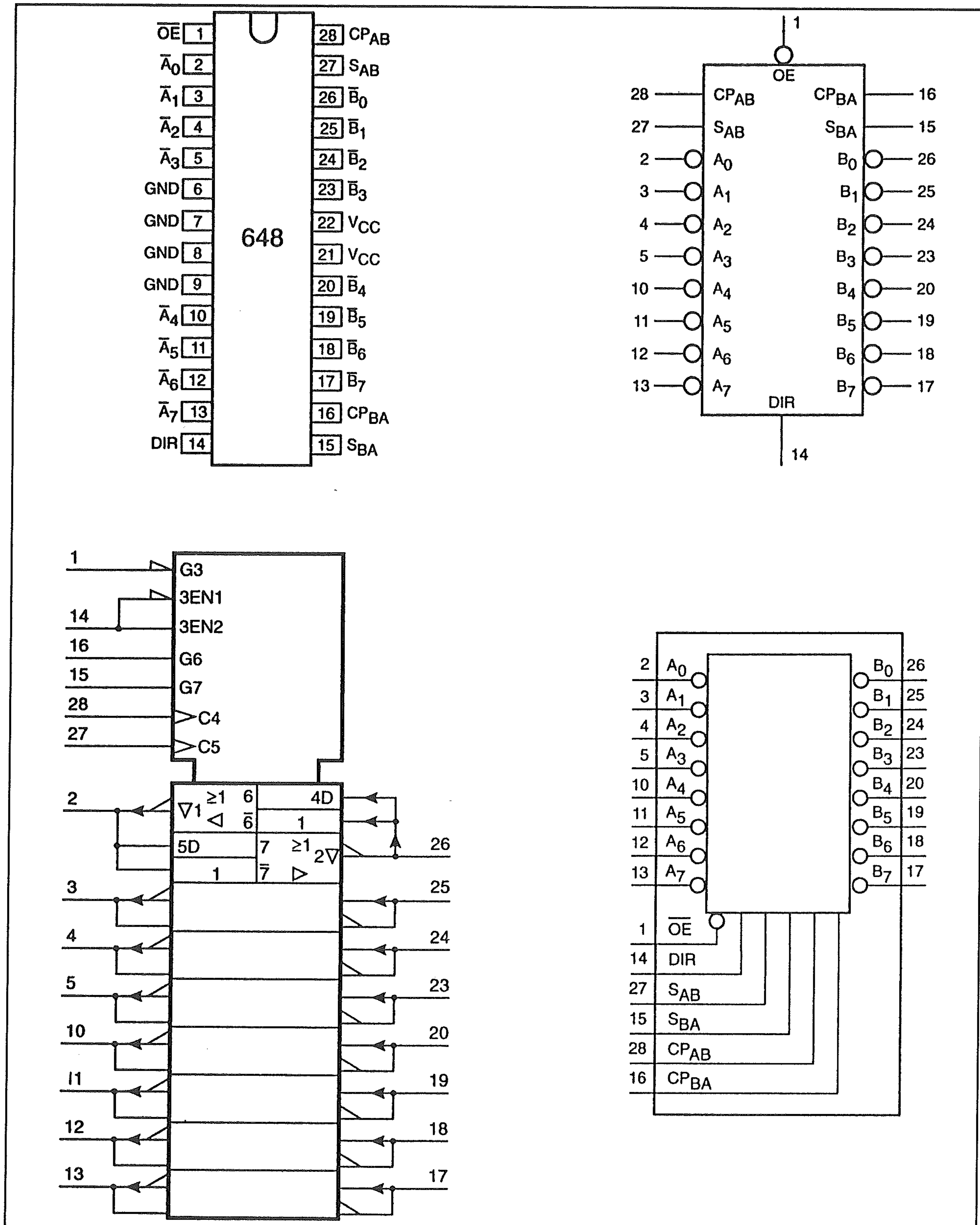
74HL33640 achtvoudige tri-state transceiver met richting bepaling

5.2 CMOS-IC's



74HL33646 achtvoudige tri-state transceiver en register

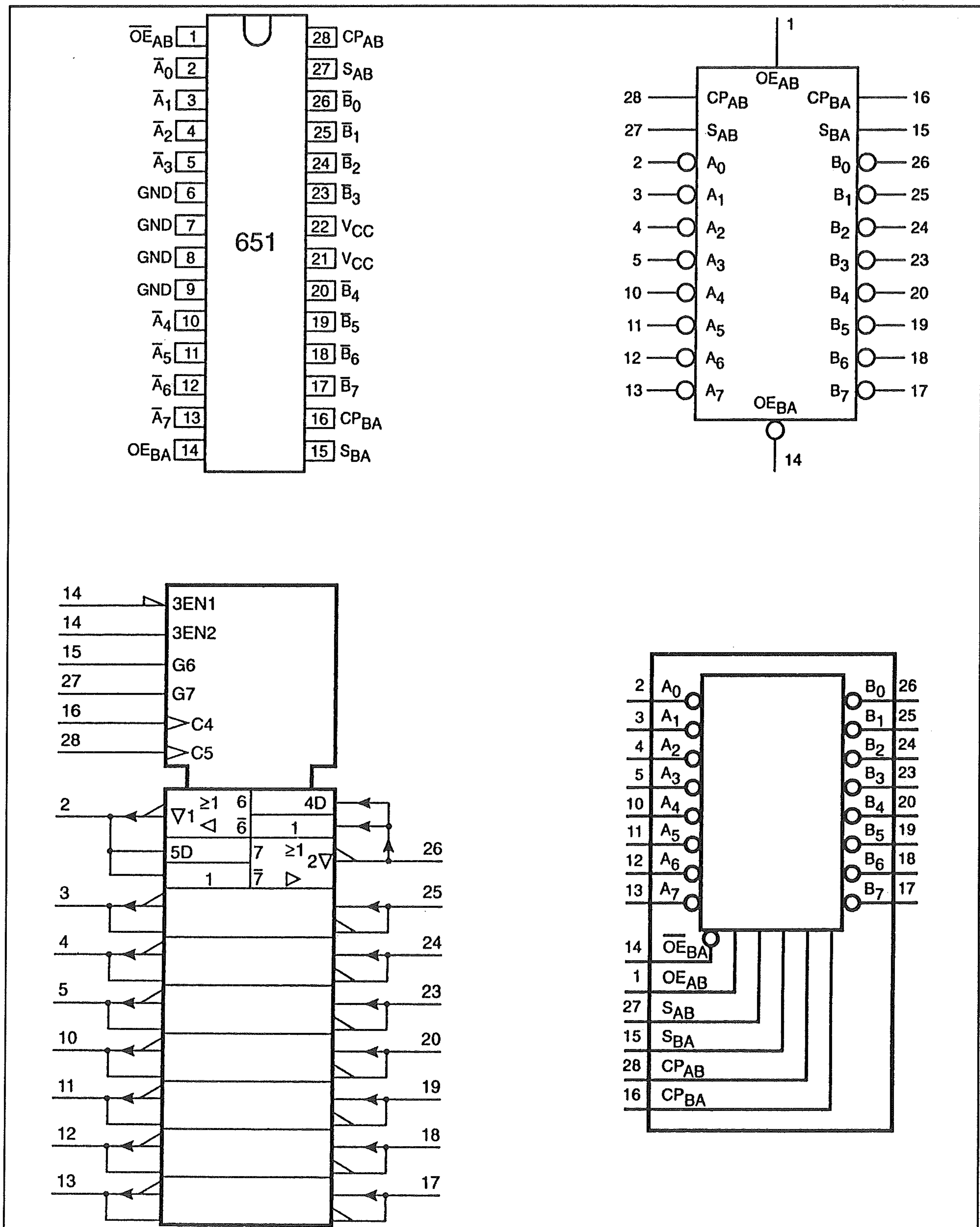
5.2 CMOS-IC's



74HL33648

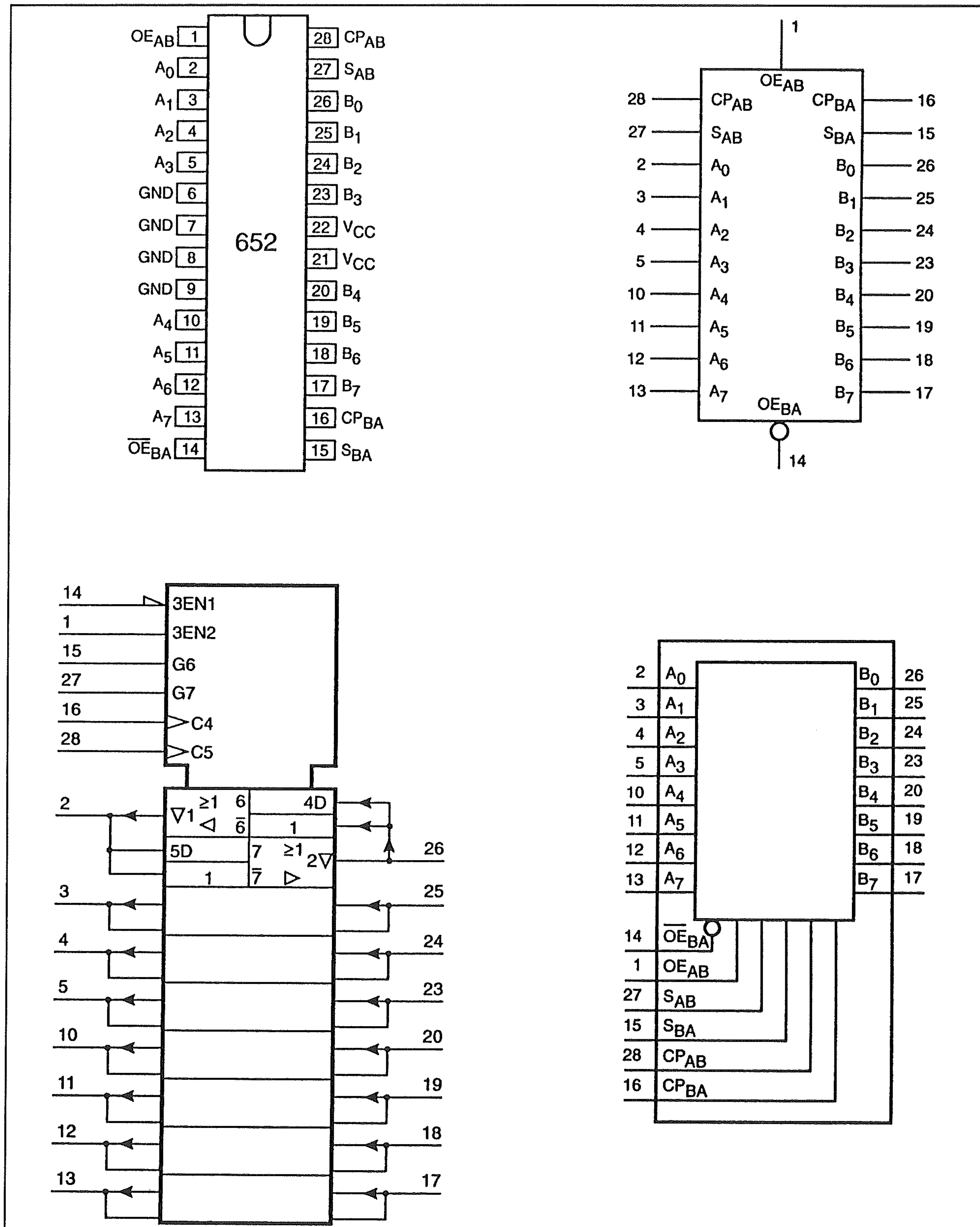
achtvoudige tri-state transceiver en register

5.2 CMOS-IC's



74HL33651 achtvoudige tri-state transceiver en register

5.2 CMOS-IC's



74HL33652 achtvoudige tri-state transceiver en register

6/5.2.3

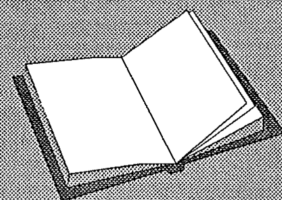
Eigenschappen van de CMOS (1)4xxx-familie

Inleiding

Oud, maar nog steeds populair
De, lang geleden, door RCA geïntroduceerde logica van de 4xxx-familie is nog steeds uiterst populair onder elektronica hobbyisten. Deze populariteit wordt veroorzaakt door de zeer onkritische eigenschappen van deze schakelingen. Het voedingsbereik is groot en de stroomopname minimaal. Daardoor kan men volstaan met vrij eenvoudige voedingen en heeft men geen last van vervelende stoorpieken, die door de schakelingen op de voedingslijn worden geïntroduceerd. De schakelingen vergen geen ingangsstroom en leveren uitgangssignalen, waarmee men andere logica-families kan aansturen of zonder enig probleem een transistor in verzadiging kan sturen. De schakelniveau's op de ingangen liggen dicht tegen de massa en de voeding aan, zodat men geen speciale buffers nodig heeft om de schakelingen vanuit bijvoorbeeld de collector van een transistor aan te sturen.
Doordat de 4xxx-familie met veldeffect transistoren is samengesteld, is de werking echter absoluut niet te vergelijken met deze van de 74-familie(s). De 74-IC's moeten gestuurd worden met stromen en leveren stromen op hun uitgangen. De 40-IC's worden gestuurd met spanningen en leveren spanningen op hun uitgangen.

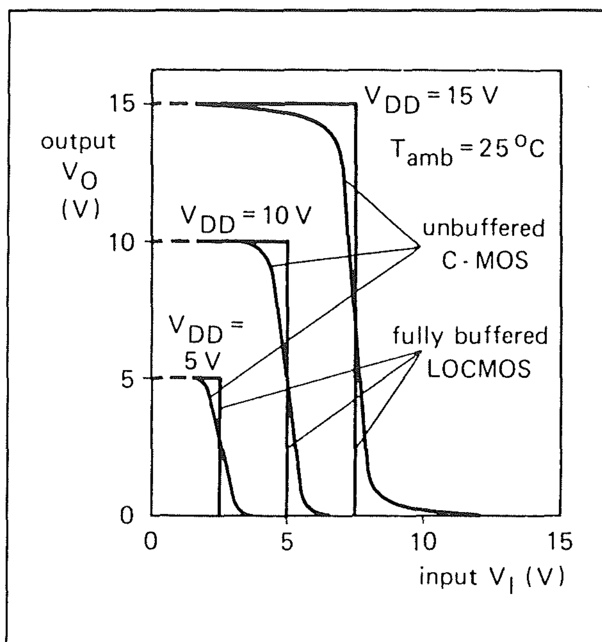
Algemene eigenschappen
De algemene kenmerken van de 4xxx-familie kunnen als volgt worden samengevat.
- De ingangsweerstand is vrijwel oneindig (typisch 10^9 tot 10^{12} Ω), zodat nagenoeg géén vermogen noodzakelijk is voor de sturing.
- Op het omschakelmoment na, wordt vrijwel geen vermogen uit de voeding opgenomen.
- De schakelingen veroorzaken geringe verontreinigingen op de voedingsspanning.
- Het omschakelen van de uitgangen van "L" naar "H" en vice versa gebeurt bij de halve voedingsspanning, hetgeen de storingsongevoeligheid van de ingangen optimaliseert.
- De schakelingen hebben een zeer groot voedingsbereik. De hele familie werkt betrouwbaar tussen 3 V en 15 V, sommige schakelingen kunnen ingezet

LEES OOK:
Hoofdstuk 6/5.2.1
Hoofdstuk 6/5.2.4



worden tot voedingsspanningen van 18 V tot 20 V.

- Het standaard spanningsverschil op de uitgangen tussen "L" en "H" in bijna gelijk aan de voedingsspanning. Hierdoor kan men vanuit een uitgang rechtstreeks de basis van een transistor aansturen, zonder enig risico dat een "L" op de uitgang de transistor toch nog open stuurt.



Figuur 6/5.2.3-1: De transferkarakteristieken van de gebufferde B-serie vergeleken met deze van de ongebufferde serie.

Families

De 4xxx-familie bestaat in feite uit een aantal subfamilies, waarvan de eigenschappen op bepaalde punten afwijken.

- De A-serie

  Deze verouderde serie heeft een ongebufferde uitgangsstructuur. Dat wil zeggen dat de uitgangseigenschappen afhankelijk zijn van het logisch niveau op de uitgang.

- De B-serie

  Vrijwel alle fabrikanten leveren tegenwoordig hun schakelingen alleen in de B-serie. Deze IC's hebben een gebufferde uitgang, hetgeen wil zeggen dat de uitgangsstructuur volledig complementair is. Deze schakelingen hebben een zeer lage en constante uitgangsimpedantie en zo goed als een ideale transfer-karakteristiek.

  In figuur 6/5.2.3-1 worden de transfereigenschappen van de gebufferde serie vergeleken met deze van de ongebufferde serie.

- De UB-serie

  Van sommige schakelingen uit de B-serie worden, voor speciale toepassingen, ongebufferde versies geleverd. Deze IC's hebben het achtervoegsel UB achter het typenummer.

De B-serie

Inleiding

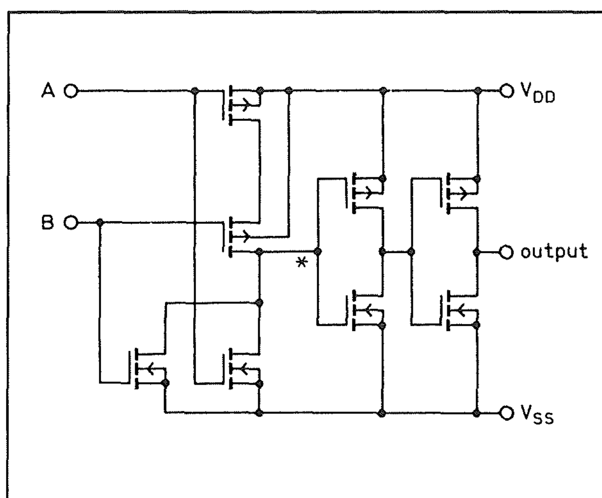
Omdat de ongebufferde A-versie niet meer verkrijgbaar is, worden alleen de specificaties van de gebufferde B-serie besproken.

Opbouw

CMOS-schakeling bestaan, de naam zegt het reeds, alleen uit MOSFET-transistoren. Door deze op een bepaalde manier in serie of parallel te schakelen ontstaan de gewenste logische functies. Als voorbeeld geeft figuur 6/5.2.3-2 de typische samenstelling van een gebufferde NOR-poort met twee ingangen. De eigenlijke poort is opgebouwd uit vier MOSFET-transistoren, die in serie/parallel staan geschakeld. Afhankelijk van de spanningen op de twee ingangen, gaan deze transistoren geleiden of sperren.

5.2 CMOS-IC's

Hun samenspel bepaalt de logische NOR-functie. De vier overige transistoren vormen de volledig complementair samengestelde gebufferde eindtrap. Bij een ongebufferde versie van dit IC zouden deze vier transistoren niet aanwezig zijn en de uitgang van het IC rechtstreeks worden verbonden met de uitgang van de poortfunctie, aangegeven met een sterretje.



Figuur 6/5.2.3-2: Het standaard schema van een gebufferde NOR-poort met twee ingangen.

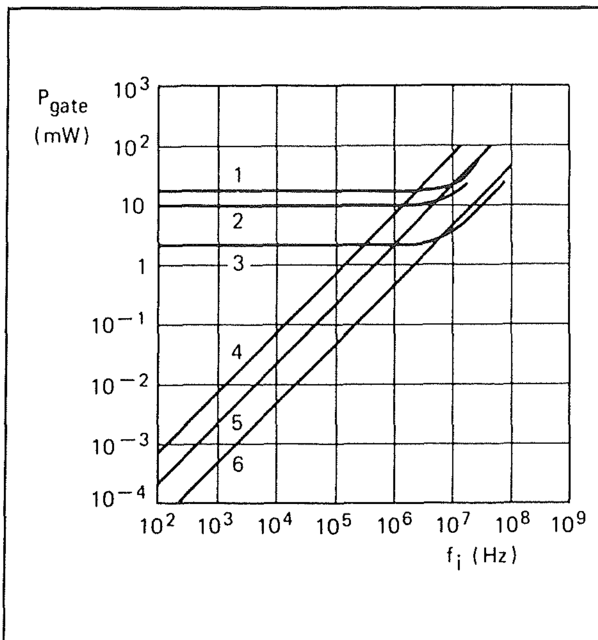
Voedingsspanning

Alle gebufferde typen van alle fabrikanten worden gegarandeerd over een voedingsspanningbereik van 3 V tot 15 V. Sommige fabrikanten, zoals Philips, garanderen goede werking tot bij 18 V. De doorslagspanning van de interne transistoren ligt echter bij 20 V, zodat men bij gebruik van 18 V maar heel weinig veilige reserve naar boven heeft. Vandaar dat wordt aanbevolen CMOS-schakelingen te voeden met maximaal 15 V. Voeding uit de standaard 5 V voeding van TTL is dus zonder meer mogelijk. Wel is het zo dat de schakeleigenschappen van de IC's slechter worden als de voedingsspanning daalt. De schakeltijden nemen namelijk toe bij dalende voedingsspanning.

Vermogensverbruik

Onder statische omstandigheden, dus een poort met stabiele niveau's op in- en uitgangen, zal het nooit voorkomen dat de p-kanaals en de n-kanaals transistoren gelijktijdig geleiden. Er vloeit dan geen actieve stroom door de schakeling en de enige stroom die uit de voeding wordt opgenomen is de som van alle lekstromen van alle transistoren. Deze lekstroom bedraagt bij moderne serie's, zoals de LOCMOS-serie van Philips, typisch 0,5 nA per poort. Bij een voedingsspanning van 5 V levert deze stroom een vermogensverbruik op van slechts 2,5 nW (!!) per poort. Het stroomverbruik stijgt uiteraard als de poort actief wordt en de diverse transistoren omschakelen van sper naar geleiding en vice versa. Er moeten dan een heleboel paracitaire capaciteiten geladen en ontladen worden, hetgeen zich uiteraard uit onder de vorm van een stroomopname. Bovendien zullen de p- en n-kanaals transistoren, bij het omschakelen van toestand, even samen door hun geleidingsgebied lopen, waardoor er een stroompiekje van de voeding wordt gevraagd. Het actieve stroomverbruik (en dus het vermogensverbruik) is afhankelijk van de frequentie waarmee de schakelingen geactiveerd worden. In figuur 6/5.2.3-3 is een grafiekje getekend, waarin het verband wordt gegeven tussen de schakelfrequentie en het vermogensverbruik per poort. Hieruit blijkt dat CMOS-schakelingen veel zuiniger zijn dan TTL-IC's bij frequenties onder de 1 MHz. Boven deze frequentie wordt het vermogensverbruik vergelijkbaar.

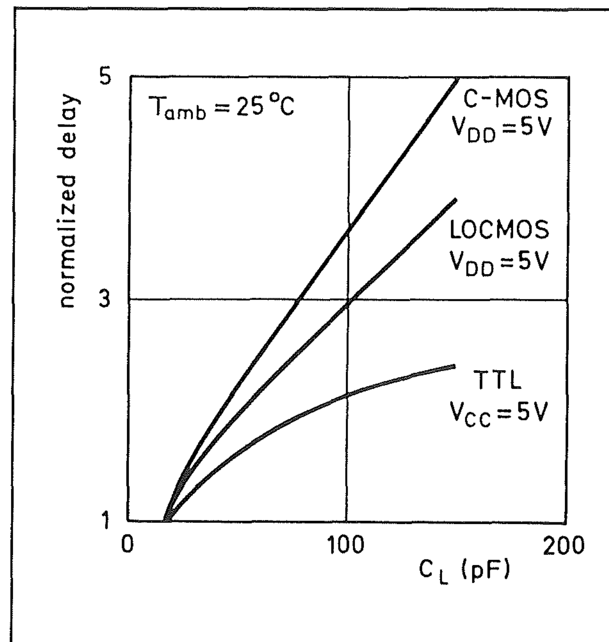
5.2 CMOS-IC's



Figuur 6/5.2.3-3: Vergelijking van het vermogensverbruik in functie van de frequentie van:
1: Schottky TTL;
2: standaard TTL;
3: Low Power TTL;
4: CMOS bij 15 V;
5: CMOS bij 10 V;
6: CMOS bij 5 V.

Let op het feit dat de vermogens-as een logaritmische indeling heeft en dat iedere schaalverdeling overeen komt met een factor 10 meer of minder vermogen!

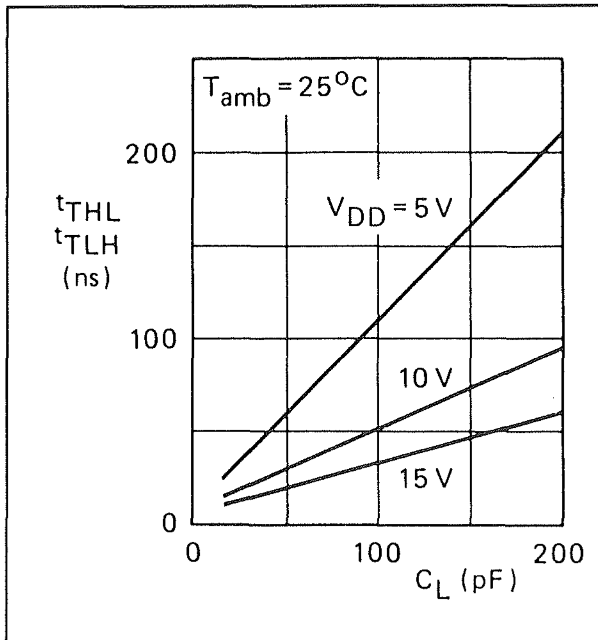
Poortvertragingen
Vergeleken met TTL, werken de CMOS-schakelingen heel traag. Dat betekent dat de signaalvertraging over een poort vrij groot is. Toch komen de modernste series, zoals LOCMOS van Philips, een aardig eind! In figuur 6/5.2.3-4 wordt de vertraging over één poort van standaard CMOS, LOCMOS en TTL met elkaar vergeleken. Uit deze grafieken blijkt duidelijk dat de vertraging van CMOS-schakeling erg afhankelijk is van de capaciteit, die op een uitgang is aangesloten. Bij kleine belastingscapaciteiten lopen de vertragingen niet erg uit elkaar. Neemt de capacitieve belasting toe, dan gaat de poortvertraging van CMOS vrij snel stijgen. Dat is vrij logisch, want de gebufferde CMOS-schakelingen hebben, vergeleken met TTL-schakelingen, een vrij hoge uitgangsimpedantie. Een typische TTL-poort heeft bijvoorbeeld een uitgangsimpedantie van 25 Ω in de "L"-stand. Dezelfde grootheid voor een CMOS-poort heeft een waarde van 250 Ω! De uitgangsimpedantie vormt, samen met de belastingscapaciteit, een laagdoorlaat filtertje, dat verantwoordelijk is voor het snel stijgen van de poortvertraging.



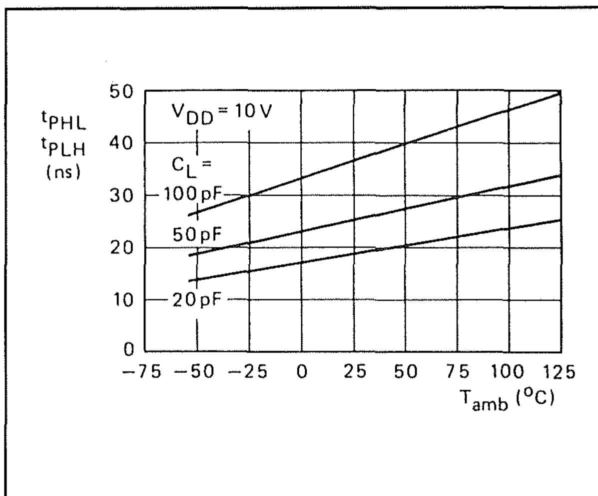
Figuur 6/5.2.3-4: De vertragingstijd van standaard CMOS, LOCMOS en TTL vergeleken.

Een grafiek zoals deze van figuur 6/5.2.3-4 geeft een goed vergelijkend inzicht, maar geeft geen absolute vertragingswaarden. Die worden wél geleverd door de grafiek van figuur 6/5.2.3-5.

5.2 CMOS-IC's



Figuur 6/5.2.3-5: De vertraging van een LOCMOS-poort, uitgezet in functie van de capacitieve belasting en de voedingsspanning.



Figuur 6/5.2.3-6: De invloed van de temperatuur op de poort-vertraging.

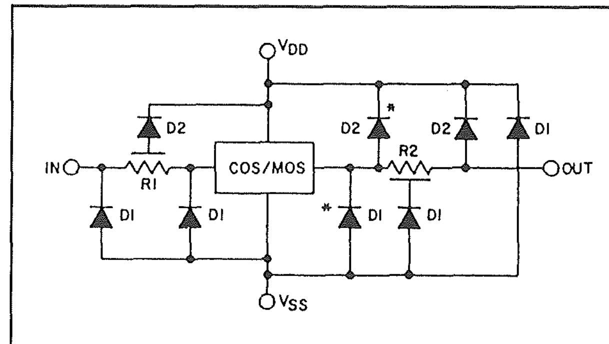
Hierin wordt de numerieke vertraging van een LOCMOS-poort uitgezet in functie van de capacitieve belasting op de uitgang van de poort, met de voedingsspanning als parameter.
Uit deze grafiek blijkt duidelijk hoe groot de invloed van de voedingsspanning is op de poort-vertraging. Kortom: hoe hoger de voedingsspanning is, hoe sneller CMOS werkt! Ook de temperatuur van de chip heeft invloed op de snelheid, waarmee CMOS werkt. In het algemeen kan men stellen dat de snelheid daalt als de chip warmer wordt. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt door het feit dat de mobiliteit, waarmee de ladingsdragers vanuit en naar de gates van de transistoren migreren, in geringe mate beïnvloed wordt door de temperatuur. Het effect van de temperatuur op de poort-vertraging (weer voor Philips' LOCMOS) is getekend in figuur 6/5.2.3-6.

Storingsongevoeligheid
Met storingsongevoeligheid van digitale schakelingen wordt aangegeven hoe groot het verschil is tussen de minimale en maximale spanningen die door de schakelingen als "L" en als "H" worden geïnterpreteerd. Hoe groter deze spanningsverschillen, hoe storingsongevoeliger de logica. Een van de grote voordelen van CMOS is, dat deze technologie zeer ongevoelig is voor dergelijke storingen. De omschakeldrempel van een CMOS-poort, dat is de spanning op de ingang, waarbij de uitgang van de poort omschakelt van "L" naar "H" of vice versa, ligt ongeveer in het midden van de voedingsspanning.
Voedt men dus CMOS-schakelingen met 15 V, dan ligt deze drempel bij 7,5 V. Omdat de standaard spanningsniveau's van "L" en "H" ver uit de buurt van deze drempel liggen, zal een CMOS-poort nooit per ongeluk een "L"-signaal als "H" interpreteren of omgekeerd.

Het spanningsverschil tussen de maximale waarde van een "L" en de minimale waarde van een "H" is zeer groot:
- 2,25 V bij 5 V voedingsspanning;
- 4,50 V bij 10 V voedingsspanning;
- 6,75 V bij 15 V voedingsspanning.

Vergeleken met de vaak maar 1 V bij standaard-TTL zit men wat dit betreft bij CMOS dus wel heel goed!
In een CMOS-systeem, gevoed op 5 V, kan de voedingsspanning zonder problemen korte spanningsdalingen (stoorpieken) van meer dan 1 V vertonen, zonder dat de logica daar last van heeft. Hetzelfde geldt voor het massa-niveau. Bij TTL-systemen zouden dergelijke pieken op de massa of op de voeding onverbiddelijk tot grote problemen voeren!
Waar men bij het ontwerpen van CMOS-schakelingen echter wél goed rekening mee moet houden is de hoge uitgangsimpedantie van de uitgangen. Een gevolg is dat de schakelingen vrij gevoelig zijn voor capacitieve belastingen.

Beveiliging van de ingangen
De ingang van een CMOS-poort lijkt voor de op de ingang aangesloten schakeling op een kleine condensator. Gemiddelde waarde: 1 pF, lekstroom naar de massa: 1 pA. Het zal duidelijk zijn dat een dergelijke ingang heel gevoelig is voor statische elektriciteit. Zonder speciale beveiligingsmaatregelen zou de ingang van een CMOS-IC al beschadigd kunnen worden door het simpelweg aanraken van een van de pennetjes. Het menselijk lichaam zit immers vol statische elektriciteit, die ontstaat door wrijving tussen kledingsstukken.
Vandaar dat alle fabrikanten van CMOS-schakelingen een aantal maatregelen hebben getroffen om hun schakelingen te beveiligen tegen statische ladingen. De interne beveiliging van een standaard CMOS-IC is getekend in figuur 6/5.2.3-7.



Figuur 6/5.2.3-7: De standaard beveiliging op de in- en uitgangen van een CMOS-schakeling.

De beveiligingen bestaan uit R/D-netwerkjes, die alle in- en uitgangen beschermen. De weerstanden hebben een typische waarde van 400 Ω en de dioden een doorslagspanning van ongeveer 20 V. Deze interne beveiligingen hebben een aantal consequenties, waar men heel goed rekening mee moet houden!
- Het is absoluut verboden een CMOS-IC verkeerd om met de voedingsspanning te verbinden. Het zal duidelijk zijn dat de in serie geschakelde dioden dan onmiddellijk gaan geleiden en vernietigd worden.
- De maximale stroom door de beveiligingsdioden bedraagt 10 mA. Het is dus verboden ingangsspanningen aan te leggen die 4 V positiever zijn dan de voedingsspanning of 4 V negatiever dan het massa-potentiaal. In beide gevallen zal er namelijk meer dan 10 mA door een van de beveiligingsdioden gaan vloeien.
- Het is verboden spanningen op de ingangen te zetten als de schakelingen niet met de voeding verbonden zijn. Ook in dat geval gaan de dioden im-

mers geleiden en zal de stroom groter worden dan 10 mA.

- Niet gebruikte ingangen mogen, dit in tegenstelling tot de TTL-praktijk, nooit open gelaten worden. De beveiligingsdioden hebben uiteraard een lekstroom en deze stroom zal er voor zorgen dat op een niet aangesloten ingang een bepaalde spanning komt te staan, met een ongedefinieerde waarde ergens tussen massa en voeding. Een dergelijke spanning zal door de schakeling als "L" of "H" worden geïnterpreteerd, afhankelijk van de parameters van de individuele schakeling. Niet gebruikte ingangen moeten dus altijd met de massa ("L") of met de voeding ("H") verbonden worden.

Uitgangskarakteristieken

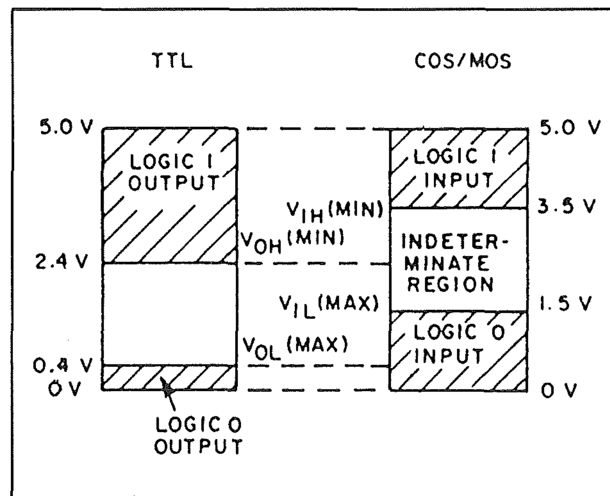
De fan-out van CMOS-schakelingen onderling kent geen grenzen. Vanwege de zeer hoogimpedante ingangen kan men in theorie een oneindig aantal ingangen met één uitgang verbinden. Natuurlijk speelt hierbij de capacitieve belasting een rol en vandaar dat men in de praktijk stelt dat één CMOS-uitgang maximaal 40 CMOS-ingangen mag aansturen.

Bij een voedingsspanning van 5 V is de maximale spanning van een "L" op een uitgang gelijk aan 1,5 V en de minimale spanning van een "H" op de uitgang 3,5 V. De typische waarden voor deze spanningen bedragen 0,05 V en 4,95 V! De te verwachten logische spanningen zitten dus vrijwel op de waarde van het massa-potentiaal en de voeding! Hieruit volgt dat de door CMOS geleverde logische signalen zonder enig probleem door TTL als dusdanig herkend worden. Toch zijn er wat problemen bij het interfacen van CMOS met TTL. Hierover meer in het volgens sub-hoofdstukje.

CMOS-TTL interfacing

Inleiding

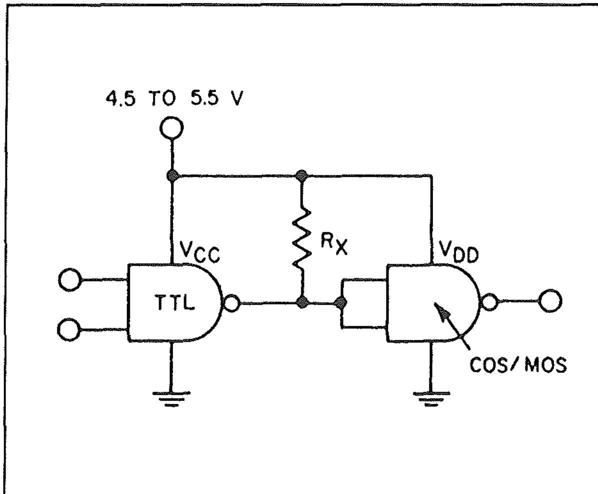
Vaak zal men in de praktijk in één schakeling TTL- en CMOS-IC's gebruiken. Dan doet zich het probleem voor hoe de in- en uitgangen van deze twee zeer verschillende technologieën op elkaar aangesloten moeten worden. Het grote probleem is dat TTL met stroomsturing werkt en CMOS met spanningssturing. Een tweede probleem is dat de gegarandeerde spanningsdrempels voor "L" en voor "H", bij een voedingsspanning van 5 V, nogal uit elkaar lopen. Dit wordt voorgesteld in figuur 6/5.2.3-8.



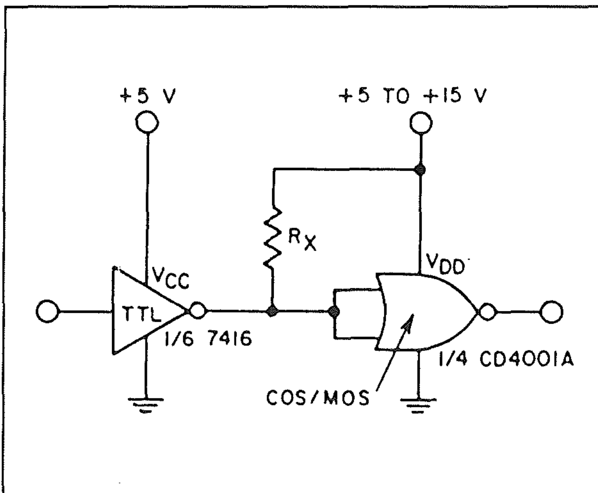
Figuur 6/5.2.3-8: Een vergelijking van de minimale en maximale spanningsdrempels voor "L" en "H" bij TTL en CMOS.

Hieruit blijkt dat de minimale "H"-waarde van TTL, 2,4 V, lager is dan de minimaal als "H" verwachte drempel van 3,5 V bij CMOS. Omgekeerd zijn er geen problemen. Zowel de maximale waarde van "L" als de minimale waarde van "H" van CMOS voldoen aan de TTL-eisen.

5.2 CMOS-IC's



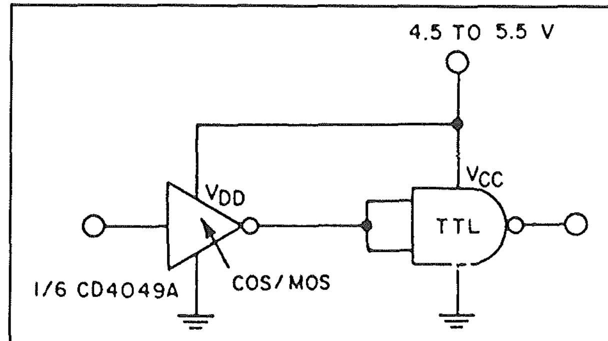
Figuur 6/5.2.3-9: Het aansluiten van de uitgang van een TTL-poort op de ingang van een CMOS-poort.



Figuur 6/5.2.3-10: Het interfacen van TTL naar CMOS bij verschillende voedingsspanningen.

Van TTL naar CMOS, 5 V voeding

Het probleem van de lage "H"-waarde van TTL is gemakkelijk op te lossen volgens figuur 6/5.2.3-9. De uitgang van de TTL-poort wordt via een optrek-weerstand R_X verbonden met de 5 V voedingsspanning. Deze weerstand zorgt ervoor dat de minimale "H"-waarde van 2,4 V wordt opgetrokken tot minstens 3,5 V.



Figuur 6/5.2.3-11: Een CMOS-uitgang moet via een speciale buffer op de ingang van een TTL-IC worden aangesloten.

De waarde van de weerstand is afhankelijk van het type TTL-schakeling die op de CMOS-ingang wordt aangesloten:
- standaard 74:
  minimaal 390 Ω, maximaal 4,7 kΩ
- 74H:
  minimaal 270 Ω, maximaal 4,7 kΩ
- 74L:
  minimaal 1,5 kΩ, maximaal 27 kΩ
- 74LS:
  minimaal 820 Ω, maximaal 12 kΩ
- 74S:
  minimaal 270 Ω, maximaal 4,7 kΩ

Van TTL naar CMOS, verschillende voedingsspanningen

Als het TTL-deel van een schakeling uit 5 V wordt gevoed en het CMOS-deel uit een hogere spanning moet het schema van figuur 6/5.2.3-10 worden toegepast. De interface bestaat nu uit een TTL-buffer met verhoogde spanningsgrenzen en open-collector uitgangen, zoals de 7416. De uitgangen van deze buffer worden via een belastingsweerstand R_X verbonden met de voedingsspanning van de CMOS-schakelingen. Bij een CMOS-voeding van 10 V kunnen de weerstanden een waarde van 39 kΩ hebben.

5.2 CMOS-IC's

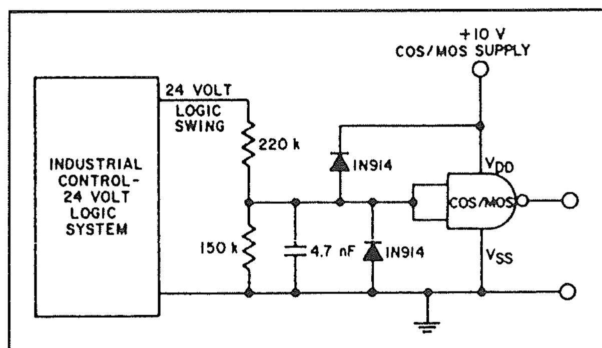
Van CMOS naar TTL, 5 V voeding
Het probleem is dat de CMOS-uitgang een stroom uit de TTL-ingang moet kunnen opnemen, waarbij de op de uitgang opgebouwde spanning niet groter mag worden dan 0,4 V. Nu heeft een standaard CMOS-uitgang een vrij hoge uitgangsimpedantie en het gevolg is dat de kans groot is dat de stroom van 1,6 mA, die door de TTL-ingang geleverd wordt, een te grote spanning opbouwt. Vandaar dat in ieder geval wordt aanbevolen een speciale buffer tussen te schakelen, zoals de 4049 of 4050. Het schema is getekend in figuur 6/5.2.3-11. Maar ook de speciale buffers hebben een beperkte aansturingscapaciteit! De uitgang van een buffer uit een 4049 of 4050 kan maximaal het onderstaand aantal TTL-ingangen aansturen:

- standaard 74:
  typisch 3 uitgangen
  in ieder geval 1 uitgang
- 74H:
  typisch 2 uitgangen
  in ieder geval 1 uitgang
- 74L:
  typisch 28 uitgangen
  in ieder geval 14 uitgangen
- 74LS:
  typisch 14 uitgangen
  in ieder geval 7 uitgangen
- 74S:
  typisch 2 uitgangen
  in ieder geval 1 uitgang

CMOS-interfacing naar de buitenwereld

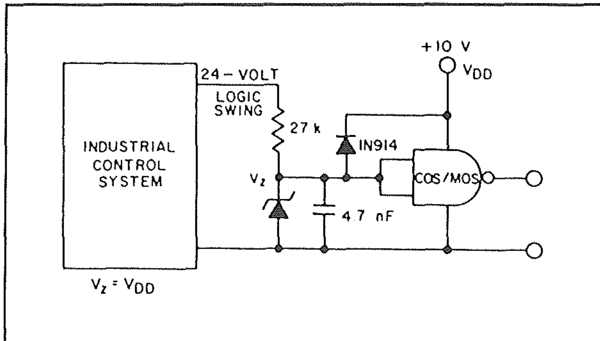
Inleiding
Vaak zal men op de ingang van een CMOS-schakeling een signaal moeten aansluiten, dat afkomstig is van de buitenwereld, bijvoorbeeld een analoog stuursignaal. Even zo vaak zal men vanuit de uitgang van een CMOS-poort een analoge schakeling moeten aansturen. Ook voor deze interfacing bestaan bepaalde eenvoudige regeltjes, die tot slot van dit hoofdstuk in het kort worden toegelicht.

Aansturen van CMOS-ingangen
Vanwege de gevoeligheid van CMOS-ingangen voor te hoge of te lage spanningen moet men tussen een analoge uitgang en een CMOS-ingang een beveiliging opnemen. Een typische schakeling is getekend in figuur 6/5.2.3-12. In dit geval moet een signaal, met een maximale amplitude van 24 V, worden verbonden met de ingang van een CMOS-poort. De CMOS-schakeling wordt gevoed uit 10 V. Een resistieve spanningsdeler zorgt voor het reduceren van de maximale spanning tot 10 V. Over de onderste weerstand staat een condensator geschakeld, die gebruikt wordt voor het onderdrukken van smalle stoorpulsjes op het ingangssignaal. Nadien volgen nog eens twee siliciumdioden, die de ingang van de poort beschermen tegen verkeerd-om gepolariseerde spanningen.

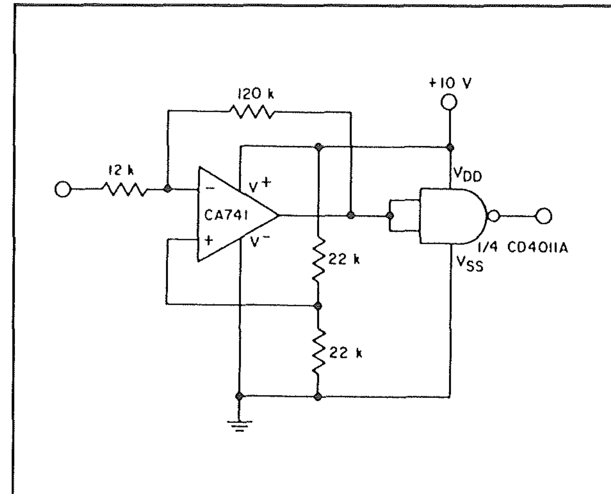


Figuur 6/5.2.3-12: Het verbinden van een CMOS-ingang met een spanning van maximaal 24 V.

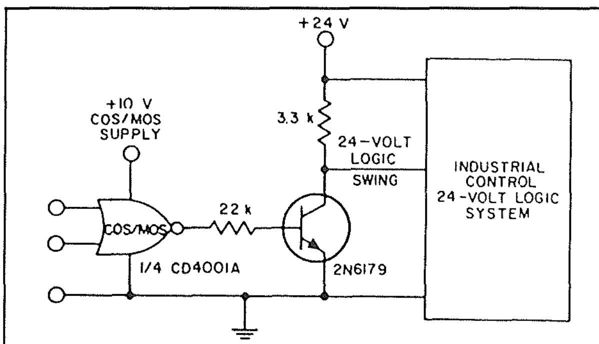
5.2 CMOS-IC's



Figuur 6/5.2.3-13: Een alternatieve schakeling voor het beveiligen van een CMOS-ingang tegen te hoge ingangsspanningen.



Figuur 6/5.2.3-15: Het verbinden van een op-amp met een CMOS-gate.



Figuur 6/5.2.3-14: Een transistortrap zorgt voor het aanpassen van een CMOS-uitgang op de buitenwereld.

Weliswaar heeft de ingang van de poort al twee van dergelijke dioden ingebouwd, maar in het ergste geval is het uiteraard goedkoper om een externe diode te vervangen dan een heel IC. Een tweede bruikbaar systeem is getekend in figuur 6/5.2.3-13. Hier wordt de te hoge ingangsspanning gereduceerd door het toepassen van een zenerdiode. Hiermee wordt één onderdeel uitgespaard, omdat nu uiteraard een van de twee silicium-dioden kan vervallen.

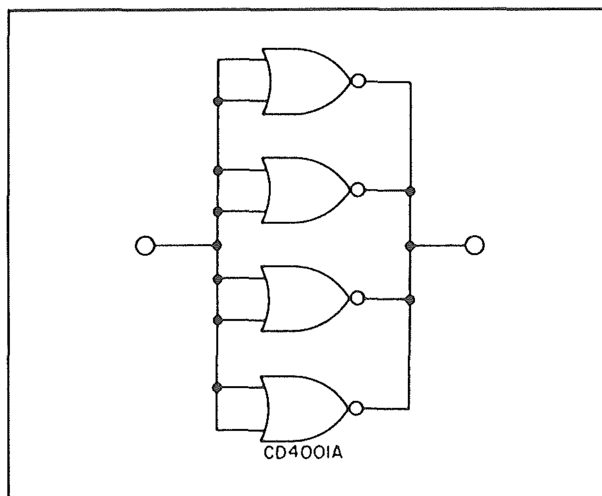
Het uitsturen van CMOS-schakelingen

Vanwege de hoge uitgangsimpedantie kan een CMOS-schakeling niet erg veel belastingsstroom aan een externe schakeling leveren. Men doet er verstandig aan in ieder geval een schakeltransistor tussen te schakelen. Het standaard schema is getekend in figuur 6/5.2.3-14.
De CMOS-poort stuurt via een weerstand van 22 kΩ een transistor in verzadiging. De uitgangsspanning kan van de collector afgenomen worden en gebruikt voor het besturen van externe processen.

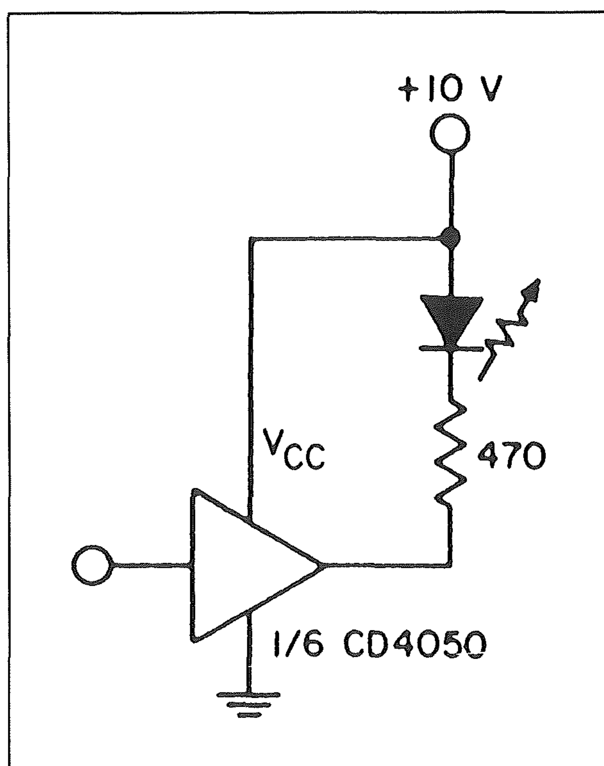
Op-amp's en CMOS

Uitgangsspanningen van operationele versterkers kunnen vrij eenvoudig worden gebruikt voor het aansturen van de ingang van een CMOS-schakeling. Het standaard schema is getekend in figuur 6/5.2.3-15. De operationele versterker is geschakeld als inverterende versterker met een versterkingsfactor van -10. De niet-inverterende ingang van de schakeling wordt door middel van een spanningsdeler ingesteld op de helft van de voedingspanning.

5.2 CMOS-IC's



Figuur 6/5.2.3-16: Door het parallel schakelen van identieke poorten uit een en dezelfde behuizing kan men de stroomcapaciteit van de uitgang vergroten.



Figuur 6/5.2.3-17: Het aansturen van een LED vanuit een buffer 4050.

De uitgang van de operationele versterker kan rechtstreeks op de ingang van een CMOS-poort worden aangesloten.
In de meeste gevallen zal het uitgangssignaal van een operationele versterker te traag variëren. Men moet dan een Schmitt-trigger, bijvoorbeeld een 4093, tussen de uitgang van de op-amp en de ingang van de CMOS-poort opnemen.

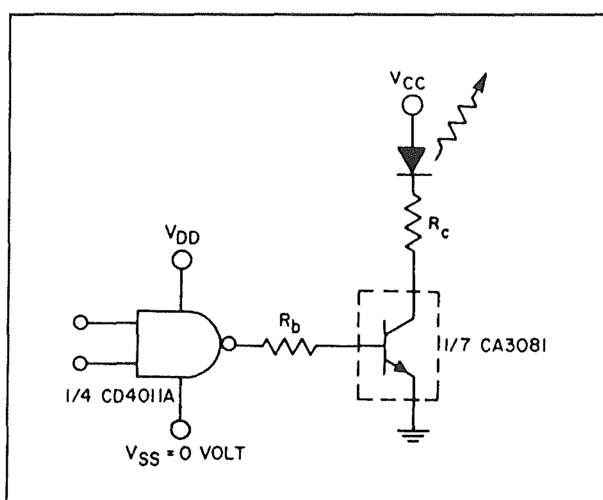
Parallel schakelen

Het parallel schakelen van in- en uitgangen van TTL-schakelingen is absoluut verboden. Bij CMOS kan dit zonder problemen, onder voorwaarde dat men dit grapje alleen uithaalt bij identieke poorten die in een en dezelfde behuizing zitten. Zo kan men, om de stroomcapaciteit van de uitgang te verviervoudigen, volgens het schema van figuur 6/5.2.3-16 vier CMOS-poorten parallel schakelen. Op deze manier kan men, als men in een behuizing een of meerdere poorten over heeft, deze parallel schakelen om de extra transistor van figuur 6/5.2.3-14 uit te sparen. Deze oplossing is natuurlijk alleen bruikbaar als de uitgangsspanning niet groter hoeft te zijn dan de voedingsspanning van de CMOS-schakeling.

Het aansturen van LED's

Vaak komt het voor dat men de logische toestand op de uitgang van een poort moet aangeven door middel van een LED. Bij TTL-schakelingen kan men een LED, via een serie-weerstand, rechtstreeks aansluiten op de uitgang van de poort. Bij CMOS kan dat alleen als men miniatuur LED's met een grote lichtopbrengst gebruikt, die dus ook bij minimale stroom veel licht uitstralen. Moet men normale 5 mm LED's toepassen, dan moet men een buffer toepassen, volgens het schema van figuur 6/5.2.3-17. De 4050 is in staat

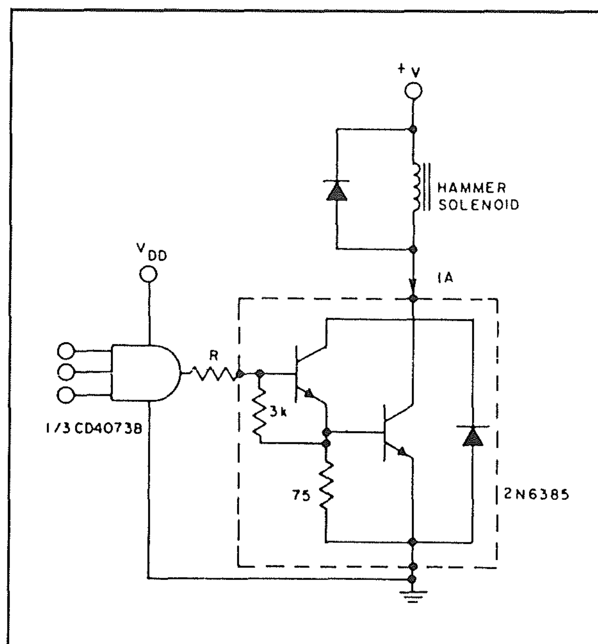
voldoende stroom te leveren voor het laten branden van dergelijke vrij ongevoelige LED's. Natuurlijk kan men ook gebruik maken van een schakeltransistor, waarvoor het schema van figuur 6/5.2.3-18 in aanmerking komt. Als men diverse identieke schakelingen moet toepassen, kan men natuurlijk gebruik maken van een transistor-array, zoals de CA3081.



Figuur 6/5.2.3-18: Het aansturen van een LED door middel van een schakeltransistor.

Het aansturen van zware belastingen

Moet men uit een CMOS-uitgang een zware belasting aansturen, bijvoorbeeld een heel zwaar industrieel relais, dan is ook een enkelvoudige transistortrap niet in staat de noodzakelijke stroom te leveren. Het ligt voor de hand gebruik te maken van een Darlington, zoals voorgesteld in figuur 6/5.2.3-19.



Figuur 6/5.2.3-19: Het aansturen van een zware belasting uit een CMOS-uitgang door middel van een Darlington.

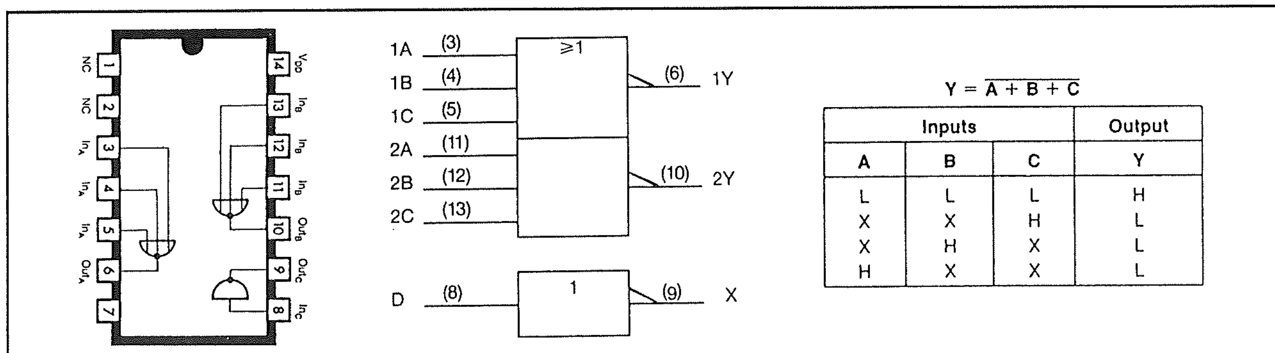
De waarde van de basisweerstand R is afhankelijk van de voedingsspanning van de CMOS-schakeling:

- voedingsspanning 5 V: weerstand R = 1 kΩ
- voedingsspanning 10 V: weerstand R = 4,7 kΩ
- voedingsspanning 15 V: weerstand R = 8,2 kΩ

6/5.2.4

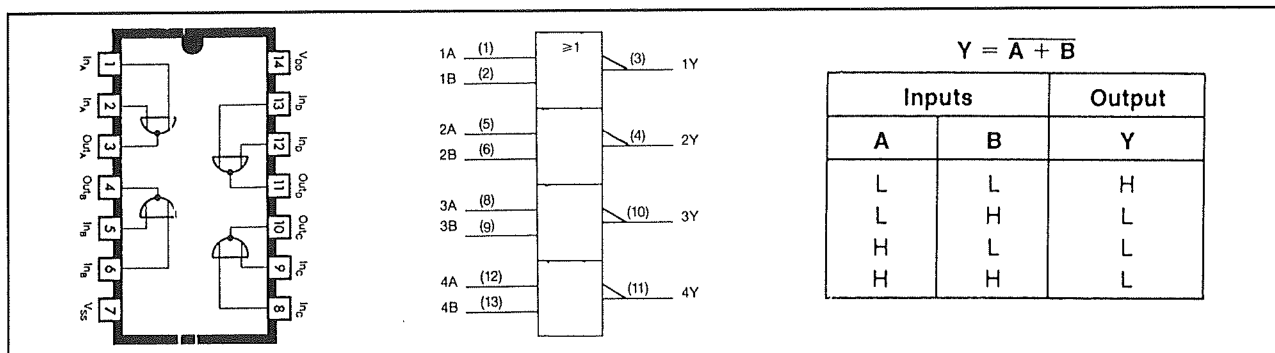
Numeriek overzicht (1)4xxx-serie met hun belangrijkste gegevens

In dit hoofdstuk worden de in hoofdstuk 6/5.2.1 naar functie ingedeelde CMOS-IC's numeriek behandeld. Van ieder IC worden de aansluitgegevens, het intern blokschema (indien beschikbaar), het IEE-symbool en de waarheidstabel gegeven. Alle IC's tot en met 20 pennen worden per vier op één pagina gezet. Grotere schakelingen worden per twee op een pagina gegroepeerd. Om geen half gevulde pagina's te publiceren, wordt de numeriek volgorde soms iets door elkaar gegooid. Waar dit is gebeurd, is een pijltje ⇩ op de pagina geplaatst.



Inputs			Output
A	B	C	Y
L	L	L	H
X	X	H	L
X	H	X	L
H	X	X	L

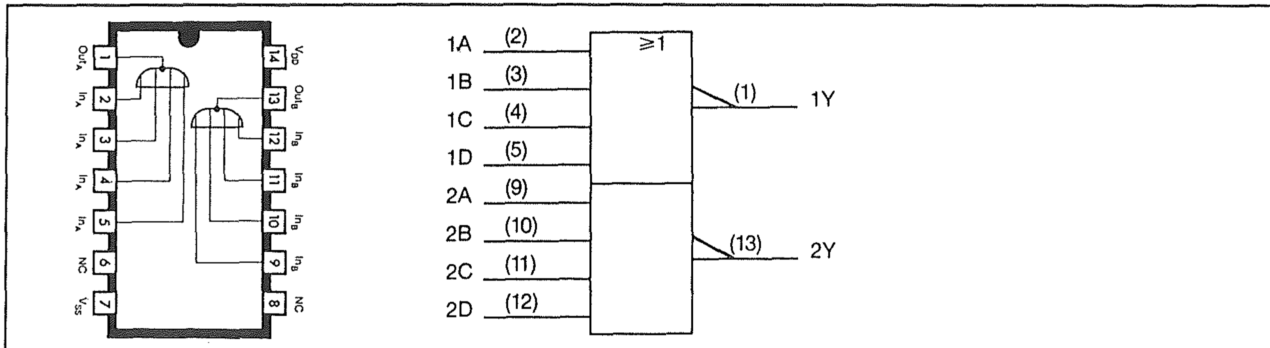
4000 — 2 x 3 in NOR + inverter



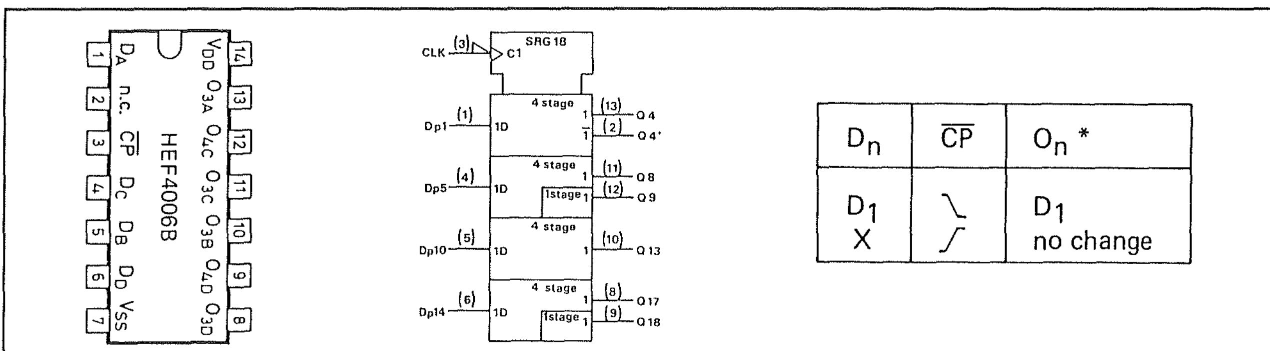
Inputs		Output
A	B	Y
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	L

4001 — 4 x 2 in NOR

5.2 CMOS-IC's

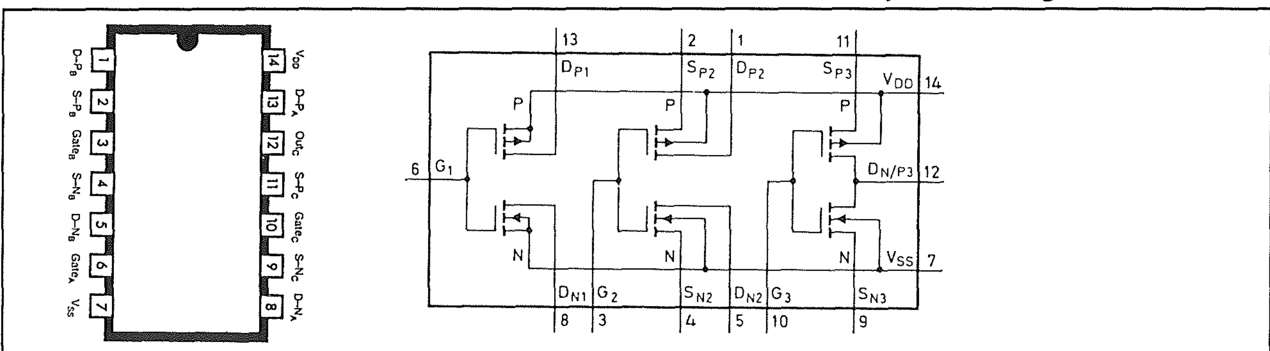


4002 — 2 x 4 in NOR

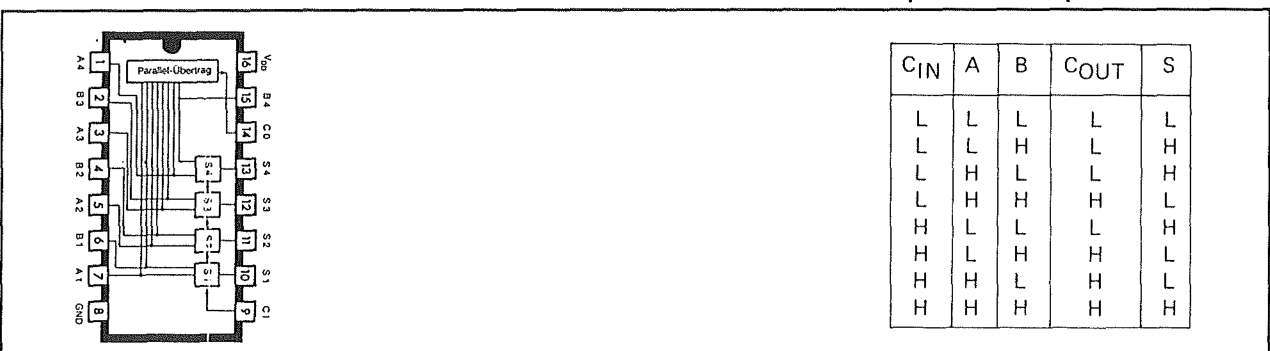


D_n	$\overline{CP}$	O_n *
D_1	↘	D_1
X	↗	no change

4006 — 18 traps schuifregister, instelbaar



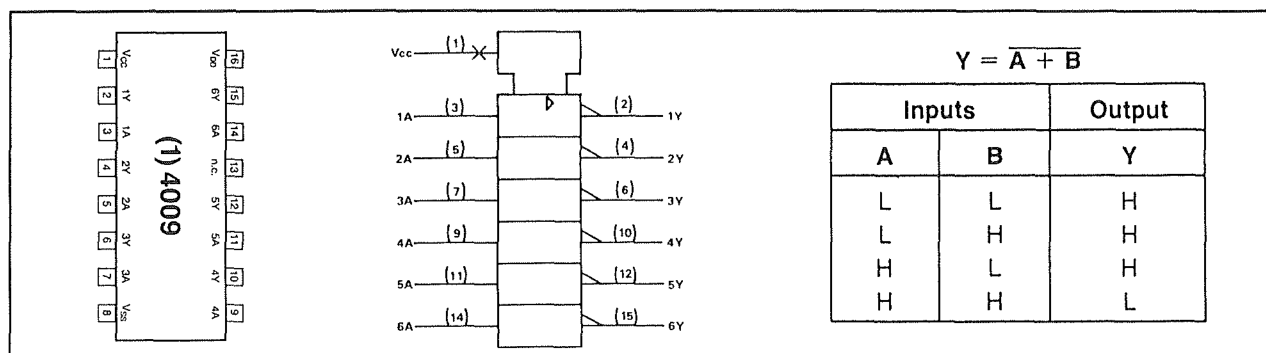
4007 — 2 x complementair paar + inverter



C_{IN}	A	B	C_{OUT}	S
L	L	L	L	L
L	L	H	L	H
L	H	L	L	H
L	H	H	H	L
H	L	L	L	H
H	L	H	H	L
H	H	L	H	L
H	H	H	H	H

4008 — 4 bit full adder met snelle carry

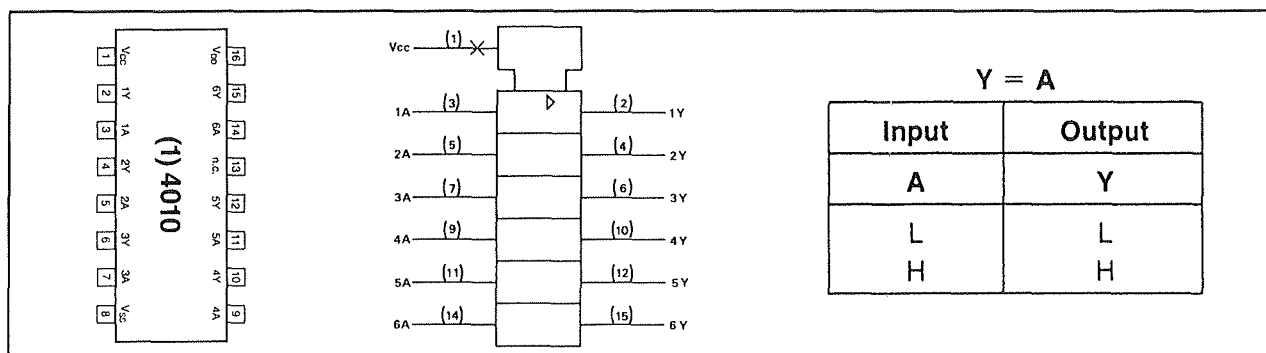
5.2 CMOS-IC's



Y = $\overline{A + B}$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

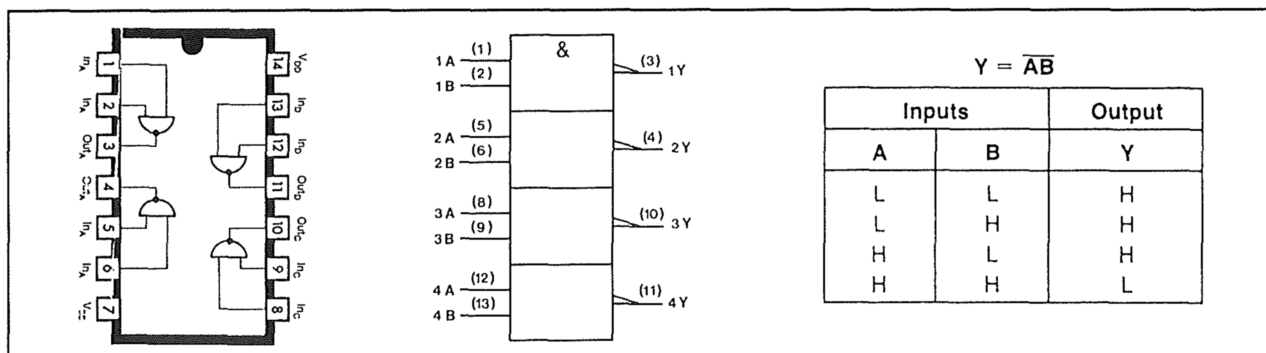
4009 — 6 x inverterende CMOS-TTL converter



Y = A

Input	Output
A	Y
L	L
H	H

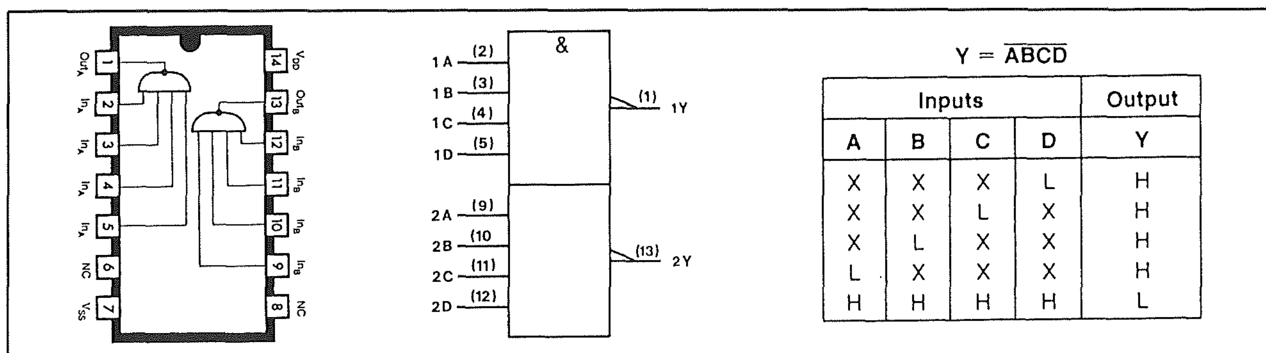
4010 — 6 x bufferende CMOS-TTL converter



Y = $\overline{AB}$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

4011 — 4 x 2 in NAND

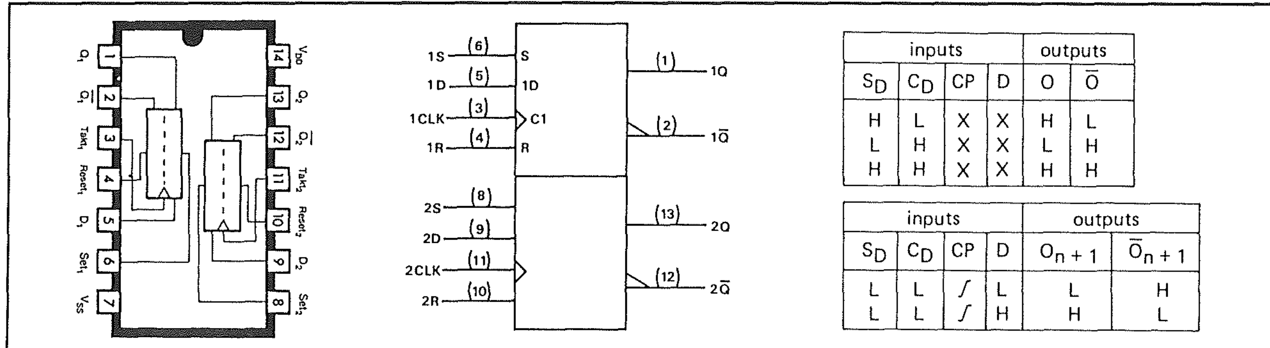


Y = $\overline{ABCD}$

Inputs				Output
A	B	C	D	Y
X	X	X	L	H
X	X	L	X	H
X	L	X	X	H
L	X	X	X	H
H	H	H	H	L

4012 — 2 x 4 in NAND

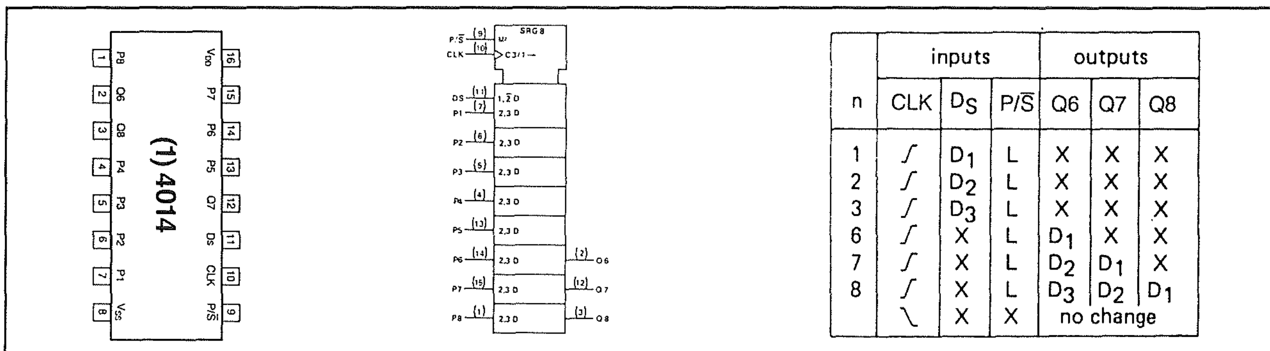
5.2 CMOS-IC's



inputs				outputs	
S_D	C_D	CP	D	O	$\bar{O}$
H	L	X	X	H	L
L	H	X	X	L	H
H	H	X	X	H	H

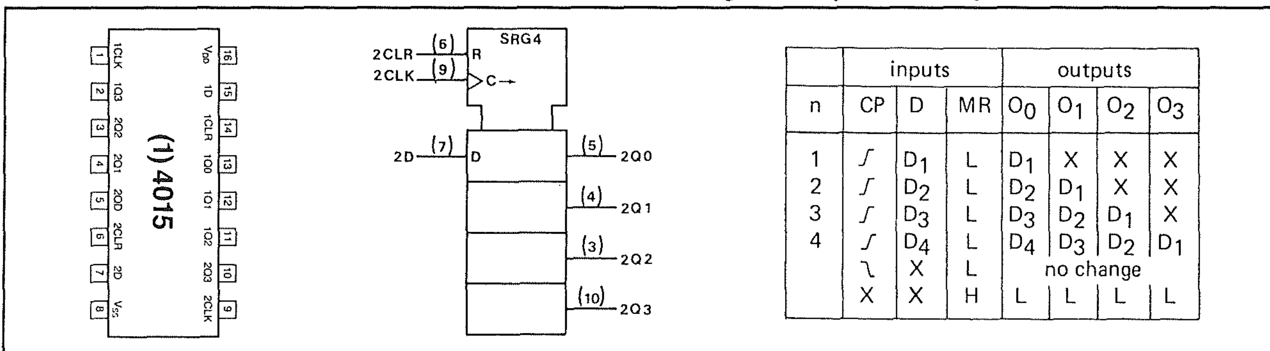
inputs				outputs	
S_D	C_D	CP	D	O_{n+1}	$\bar{O}_{n+1}$
L	L	∫	L	L	H
L	L	∫	H	H	L

4013 2 x D-FF, set en reset



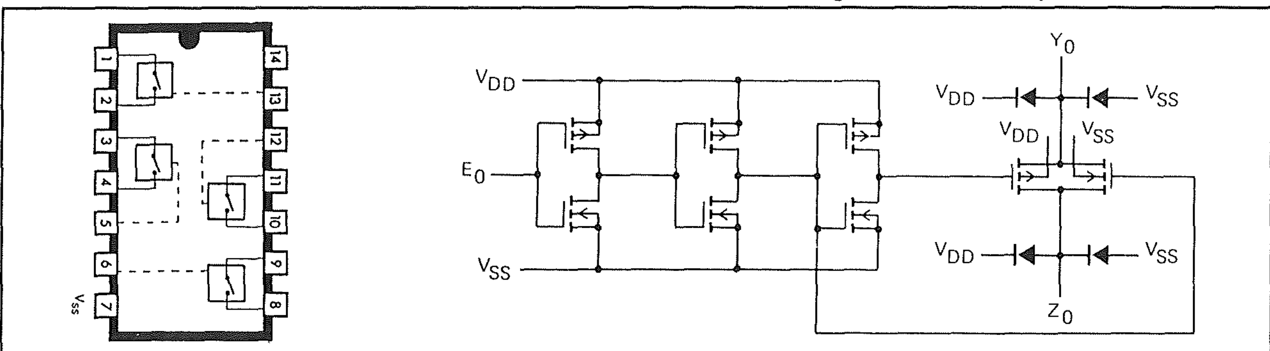
n	inputs			outputs		
	CLK	D_S	P/S̄	Q6	Q7	Q8
1	∫	D_1	L	X	X	X
2	∫	D_2	L	X	X	X
3	∫	D_3	L	X	X	X
6	∫	X	L	D_1	X	X
7	∫	X	L	D_2	D_1	X
8	∫	X	L	D_3	D_2	D_1
	\	X	X	no change		

4014 8 bit schuifregister, synchroon parallel-in, serie-in/uit



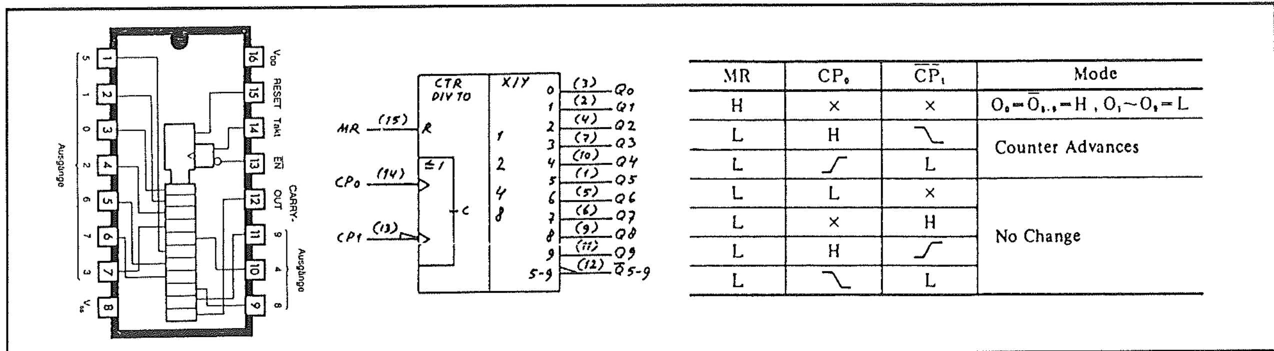
n	inputs			outputs			
	CP	D	MR	O_0	O_1	O_2	O_3
1	∫	D_1	L	D_1	X	X	X
2	∫	D_2	L	D_2	D_1	X	X
3	∫	D_3	L	D_3	D_2	D_1	X
4	∫	D_4	L	D_4	D_3	D_2	D_1
	\	X	L	no change			
	X	X	H	L	L	L	L

4015 2 x 4 bit schuifregister, serie-in/parallel-uit, reset



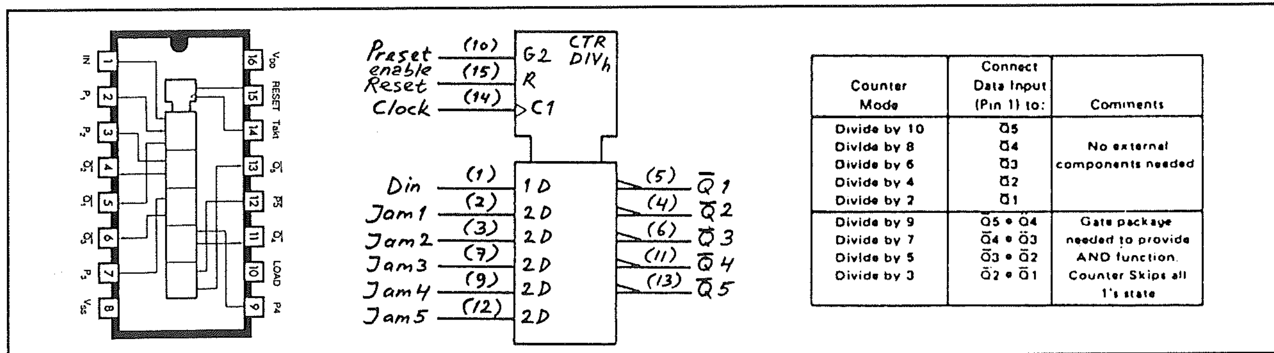
4016 4 x analoge omschakelaar

5.2 CMOS-IC's



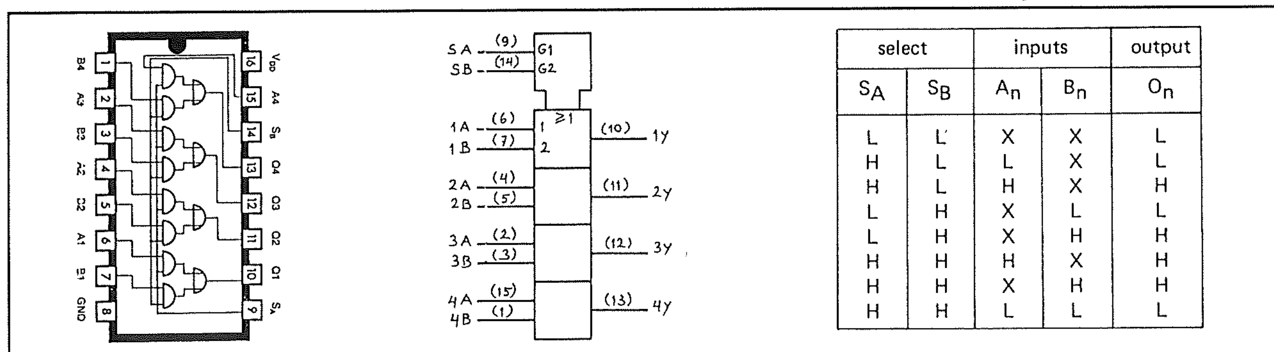
MR	CP_0	$\overline{CP}_1$	Mode
H	×	×	$O_0 = \overline{O}_{5\text{-}9} = H$, $O_1 \sim O_9 = L$
L	H	⌐_ (neg. flank)	Counter Advances
L	_/ (pos. flank)	L	
L	L	×	No Change
L	×	H	
L	H	_/ (pos. flank)	
L	⌐_ (neg. flank)	L	

4017 — 5 traps Johnson-teller



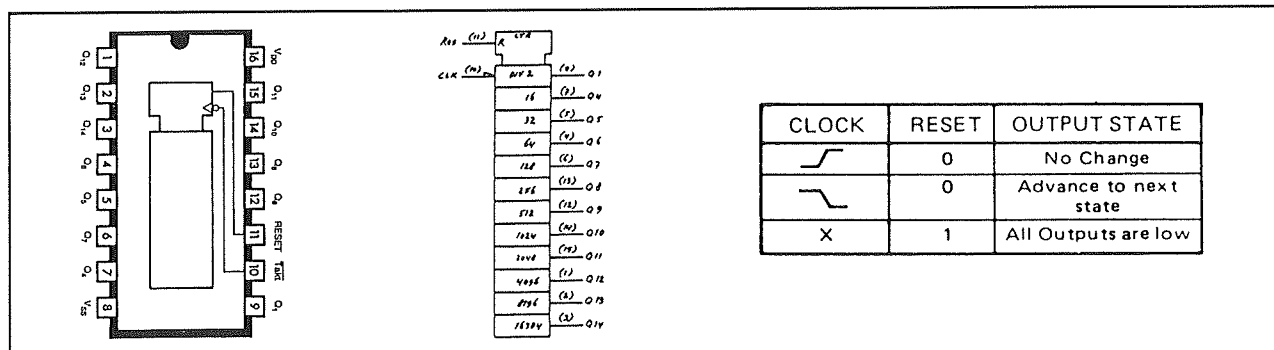
Counter Mode	Connect Data Input (Pin 1) to:	Comments
Divide by 10	$\overline{Q}5$	No external components needed
Divide by 8	$\overline{Q}4$	
Divide by 6	$\overline{Q}3$	
Divide by 4	$\overline{Q}2$	
Divide by 2	$\overline{Q}1$	
Divide by 9	$\overline{Q}5 \bullet \overline{Q}4$	Gate package needed to provide AND function. Counter Skips all 1's state
Divide by 7	$\overline{Q}4 \bullet \overline{Q}3$	
Divide by 5	$\overline{Q}3 \bullet \overline{Q}2$	
Divide by 3	$\overline{Q}2 \bullet \overline{Q}1$	

4018 — presetbare n-teller



select		inputs		output
S_A	S_B	A_n	B_n	O_n
L	L	X	X	L
H	L	L	X	L
H	L	H	X	H
L	H	X	L	L
L	H	X	H	H
H	H	H	X	H
H	H	X	H	H
H	H	L	L	L

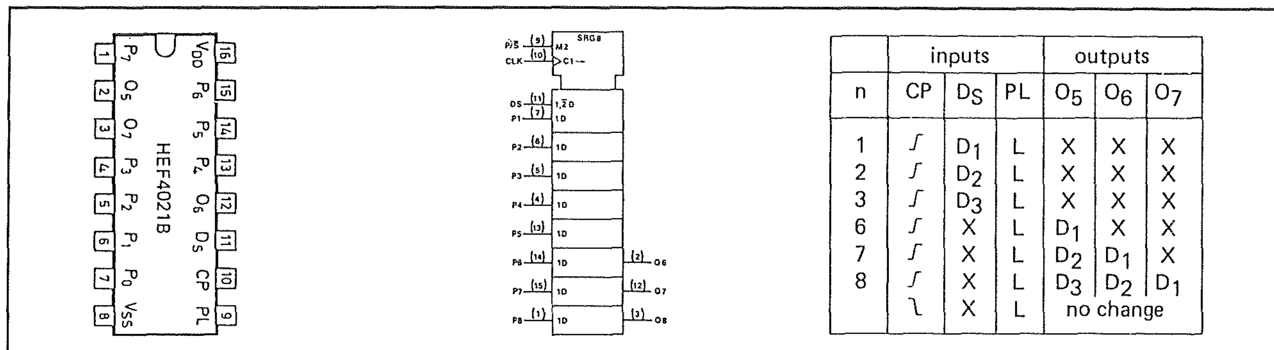
4019 — 4 x 2-naar-1 data selector/multiplexer



CLOCK	RESET	OUTPUT STATE
_/ (pos. flank)	0	No Change
⌐_ (neg. flank)	0	Advance to next state
X	1	All Outputs are low

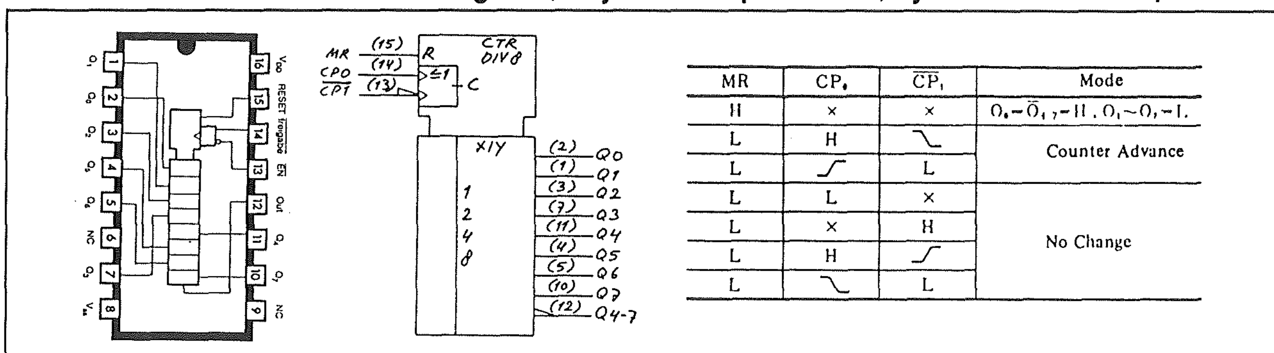
4020 — 14 bit binaire teller

5.2 CMOS-IC's



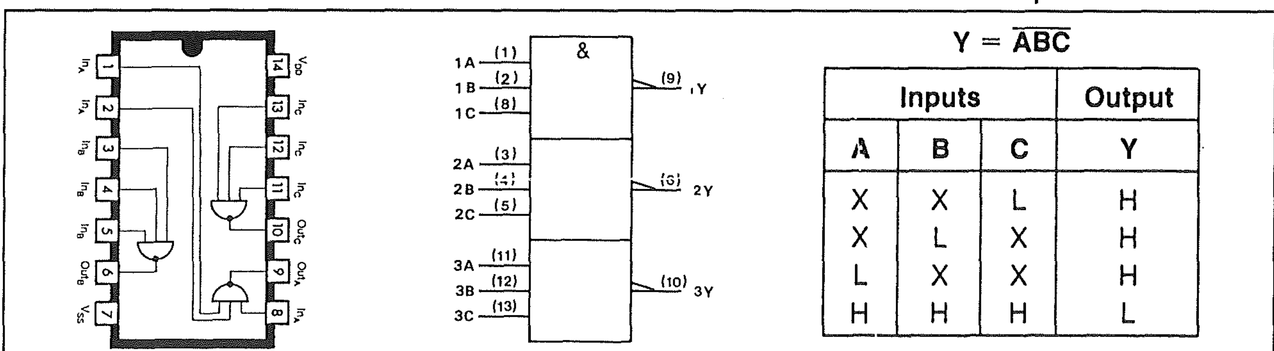
n	CP	D_S	PL	O_5	O_6	O_7
	inputs			outputs		
1	↑	D_1	L	X	X	X
2	↑	D_2	L	X	X	X
3	↑	D_3	L	X	X	X
6	↑	X	L	D_1	X	X
7	↑	X	L	D_2	D_1	X
8	↑	X	L	D_3	D_2	D_1
	↓	X	L	no change		

4021 8 bit schuifregister, asynchroon parallel-in, synchroon serie-in/serie-uit



MR	CP_0	$\overline{CP}_1$	Mode
H	×	×	$O_0 = \overline{O}_{1-7} = H$, $O_1 - O_7 = L$
L	H	↓	Counter Advance
L	↑	L	Counter Advance
L	L	×	No Change
L	×	H	No Change
L	H	↑	No Change
L	↓	L	No Change

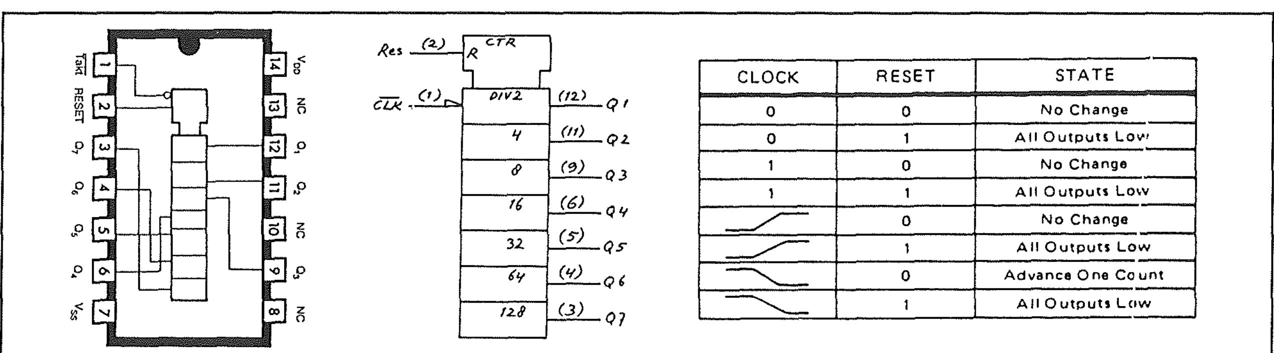
4022 4 traps Johnson-teller



$Y = \overline{ABC}$

Inputs			Output
A	B	C	Y
X	X	L	H
X	L	X	H
L	X	X	H
H	H	H	L

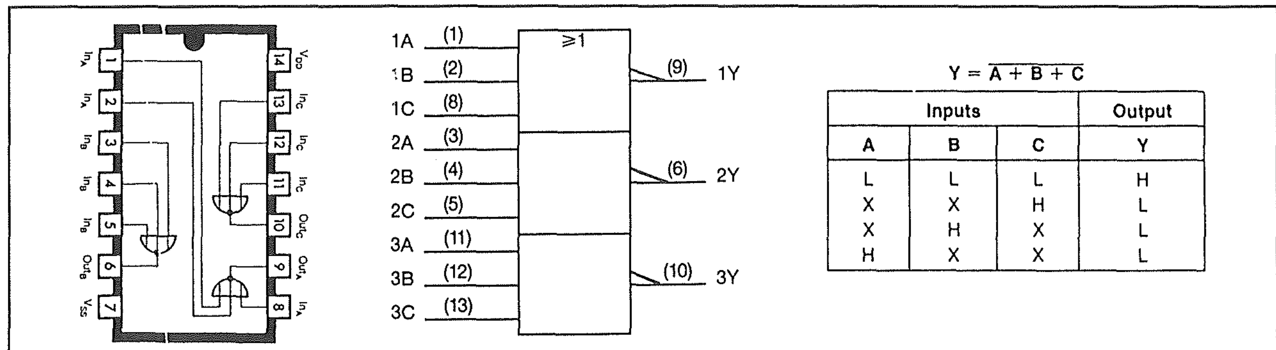
4023 3 x 3 in NAND



CLOCK	RESET	STATE
0	0	No Change
0	1	All Outputs Low
1	0	No Change
1	1	All Outputs Low
↑	0	No Change
↑	1	All Outputs Low
↓	0	Advance One Count
↓	1	All Outputs Low

4024 7 traps binaire teller

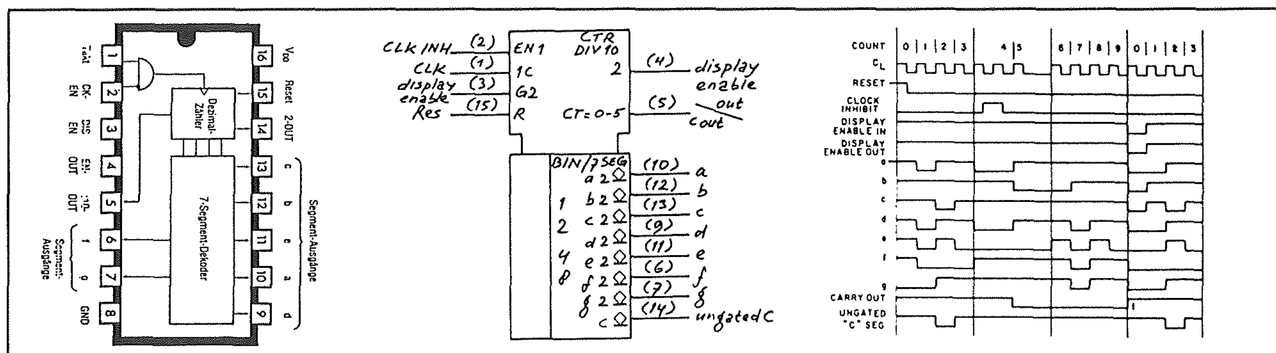
5.2 CMOS-IC's



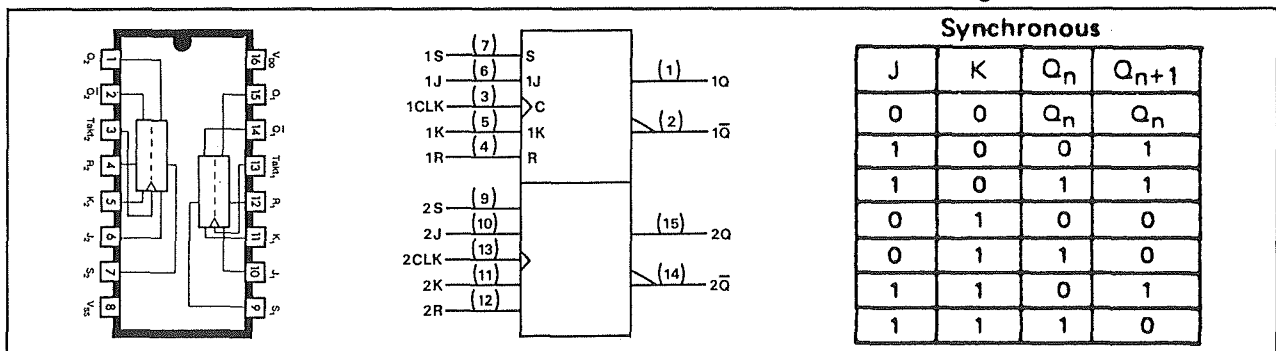
$Y = \overline{A + B + C}$

Inputs			Output
A	B	C	Y
L	L	L	H
X	X	H	L
X	H	X	L
H	X	X	L

4025 3 x 3 in NOR



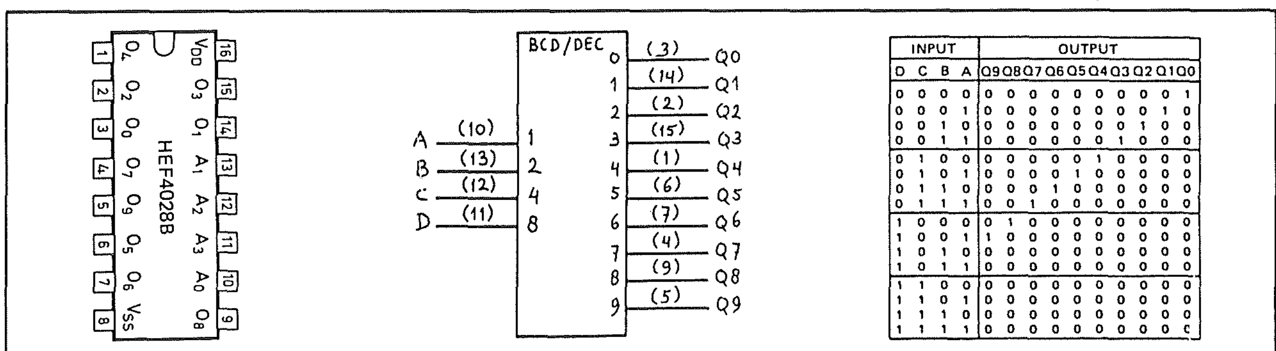
4026 10-teller/deler met 7-segment decoder/driver



Synchronous

J	K	Q_n	Q_{n+1}
0	0	Q_n	Q_n
1	0	0	1
1	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	1	0	1
1	1	1	0

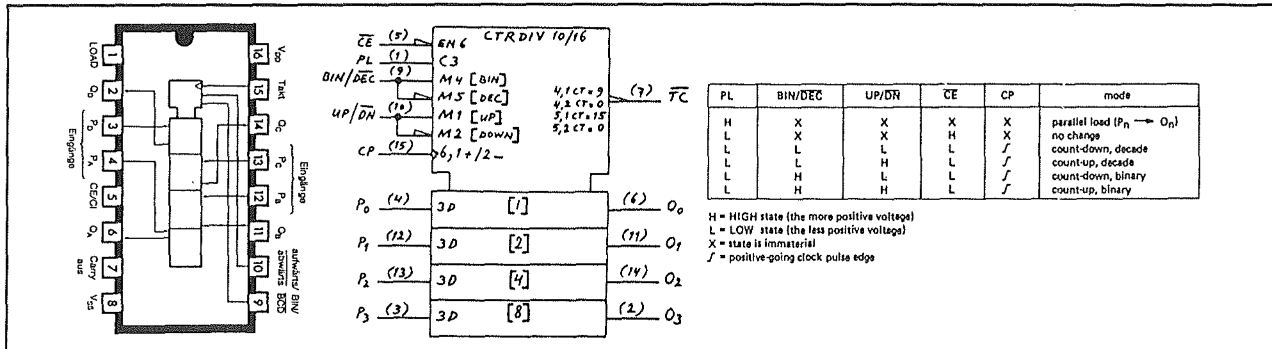
4027 2 x J-K master-slave, set en reset



INPUT				OUTPUT									
D	C	B	A	Q9	Q8	Q7	Q6	Q5	Q4	Q3	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4028 BCD-naar-decimaal en binair-naar-octaal omzetter

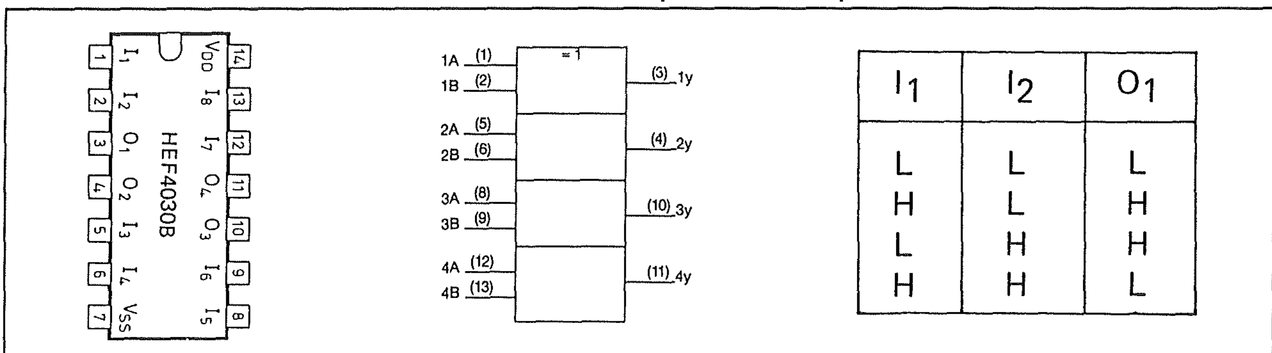
5.2 CMOS-IC's



PL	BIN/$\overline{DEC}$	UP/$\overline{DN}$	$\overline{CE}$	CP	mode
H	X	X	X	X	parallel load ($P_n \rightarrow O_n$)
L	X	X	H	X	no change
L	L	L	L	∫	count-down, decade
L	L	H	L	∫	count-up, decade
L	H	L	L	∫	count-down, binary
L	H	H	L	∫	count-up, binary

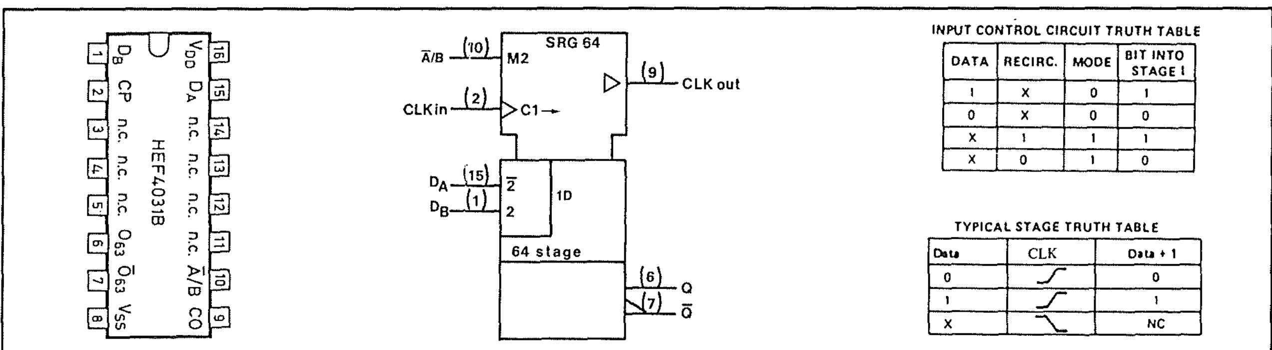
H = HIGH state (the more positive voltage)
L = LOW state (the less positive voltage)
X = state is immaterial
∫ = positive-going clock pulse edge

4029 4 bit presetbare op/neer-teller, binair of decimaal



I_1	I_2	O_1
L	L	L
H	L	H
L	H	H
H	H	L

4030 4 x 2 in EXOR



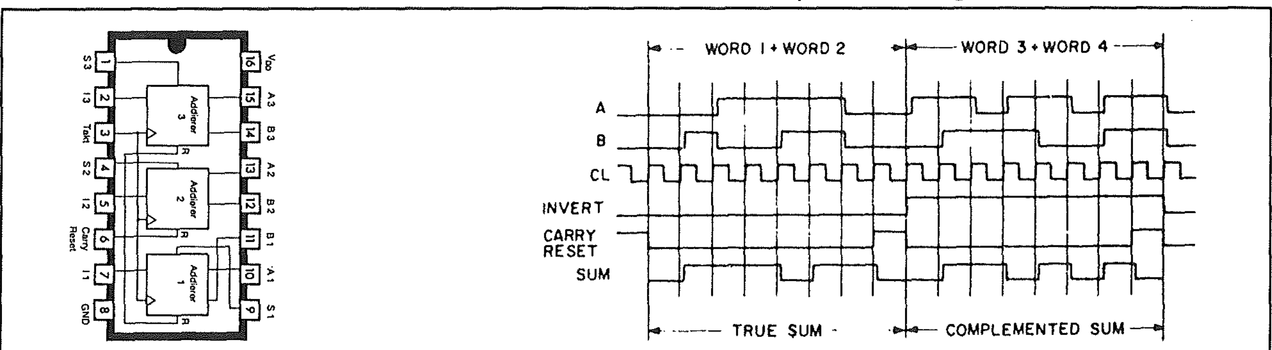
INPUT CONTROL CIRCUIT TRUTH TABLE

DATA	RECIRC.	MODE	BIT INTO STAGE 1
1	X	0	1
0	X	0	0
X	1	1	1
X	0	1	0

TYPICAL STAGE TRUTH TABLE

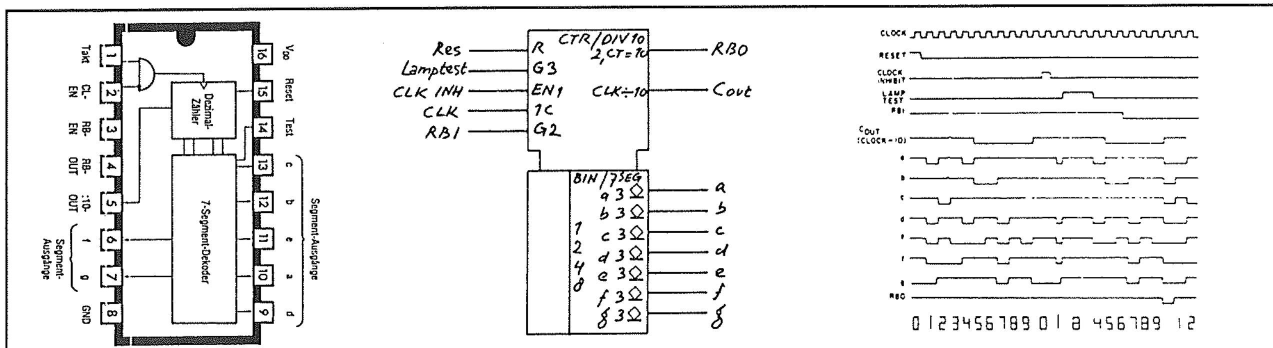
Data	CLK	Data + 1
0	∫	0
1	∫	1
X	⌐_	NC

4031 64 traps schuifregister, serie-in/serie-uit

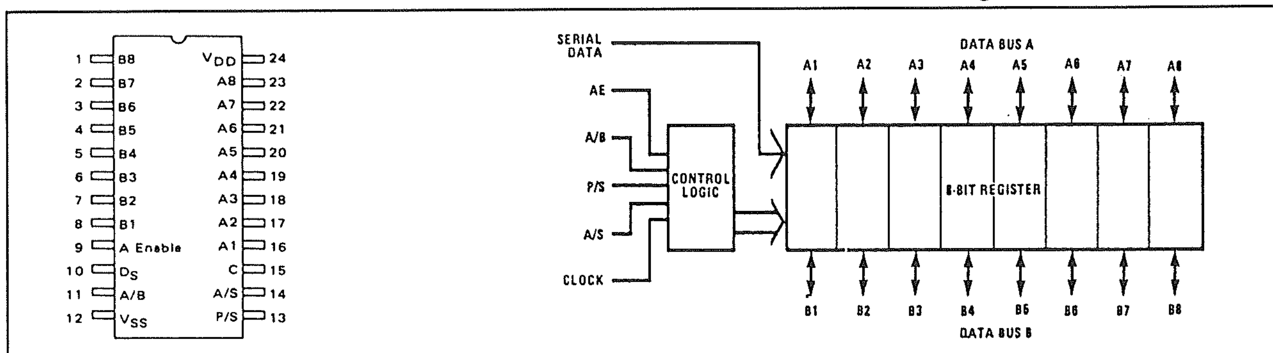


4032 drievoudige seriële adder voor positieve logika

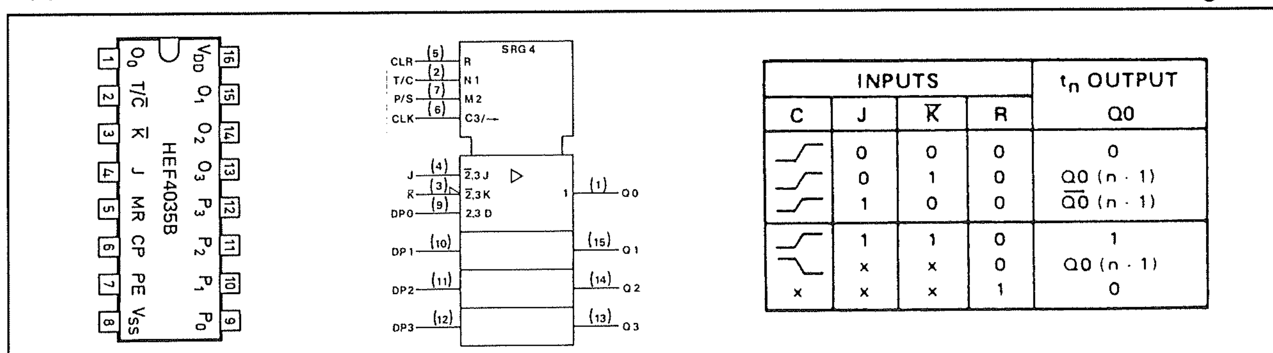
5.2 CMOS-IC's



4033 10-teller/deler met 7-segment decoder/driver

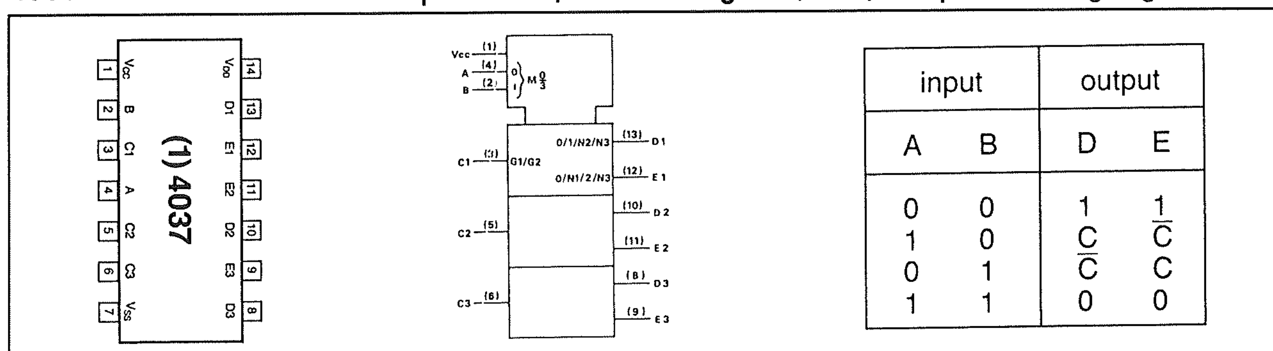


4034 8 bit universeel busregister



INPUTS				t_n OUTPUT
C	J	$\overline{K}$	R	Q0
↑	0	0	0	0
↑	0	1	0	Q0 (n - 1)
↑	1	0	0	$\overline{Q0}$ (n - 1)
↑	1	1	0	1
↓	x	x	0	Q0 (n - 1)
x	x	x	1	0

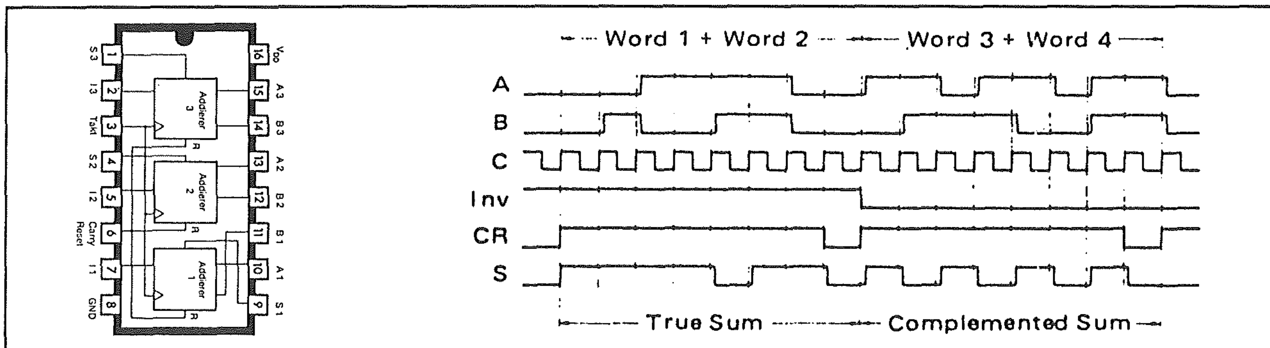
4035 4 bit parallel-in/uit schuifregister, true/complement ingang en clear



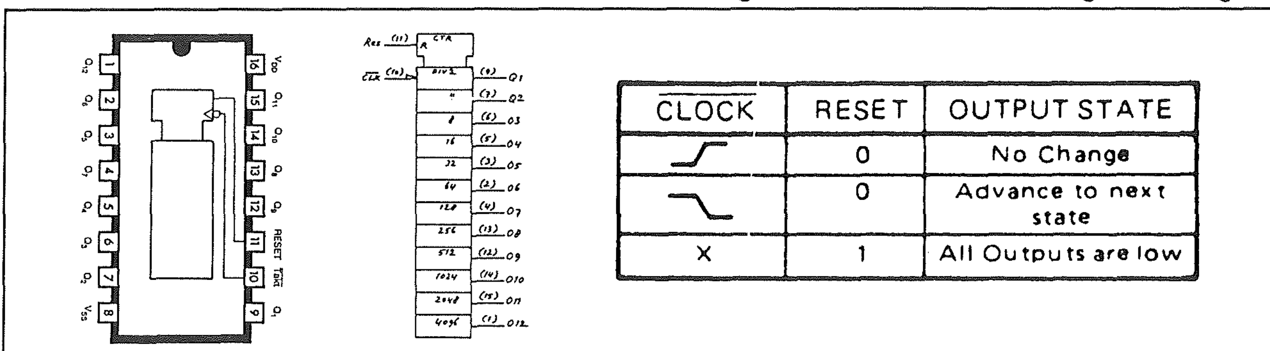
input		output	
A	B	D	E
0	0	1	1
1	0	C	$\overline{C}$
0	1	$\overline{C}$	C
1	1	0	0

4037 3 x AND/OR bi-fase paren

5.2 CMOS-IC's

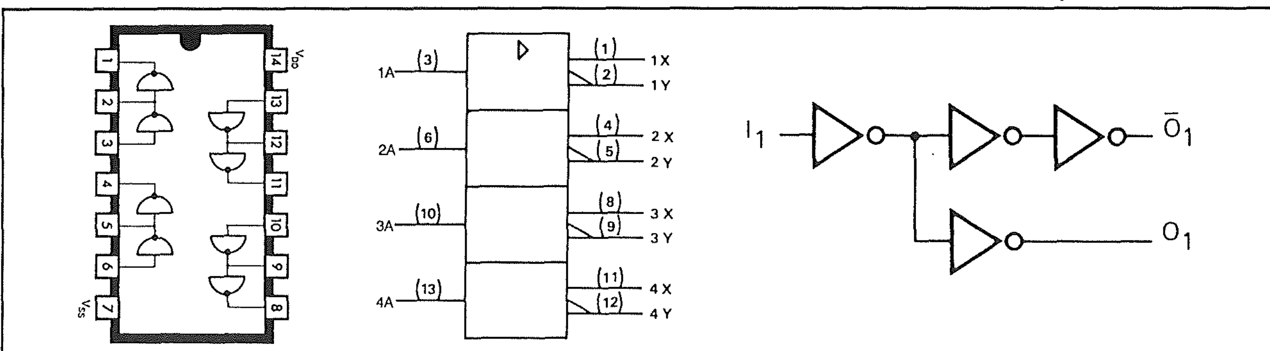


4038 drievoudige seriële adder voor negatieve logika

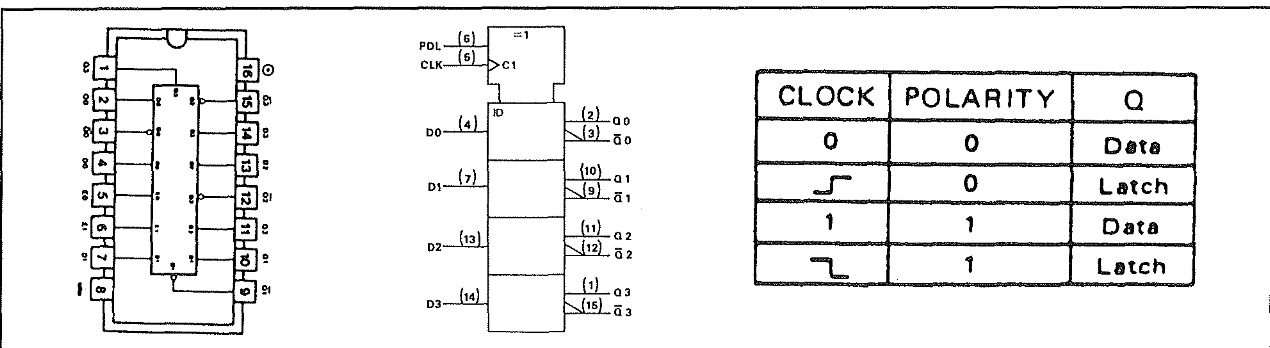


CLOCK	RESET	OUTPUT STATE
_/‾	0	No Change
‾_	0	Advance to next state
X	1	All Outputs are low

4040 12 traps binaire teller



4041 4 x true/complement buffer

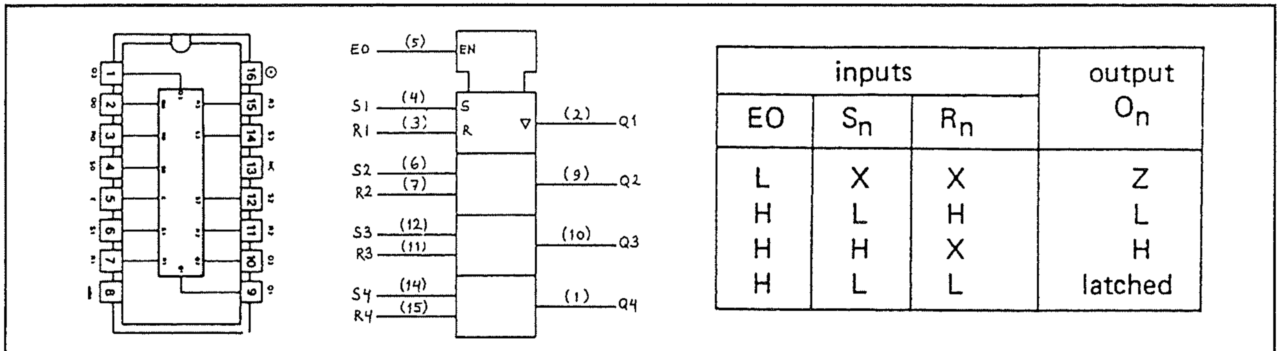


CLOCK	POLARITY	Q
0	0	Data
_/‾	0	Latch
1	1	Data
‾_	1	Latch

4042 4 x D-type latches, clock met instelbare polariteit

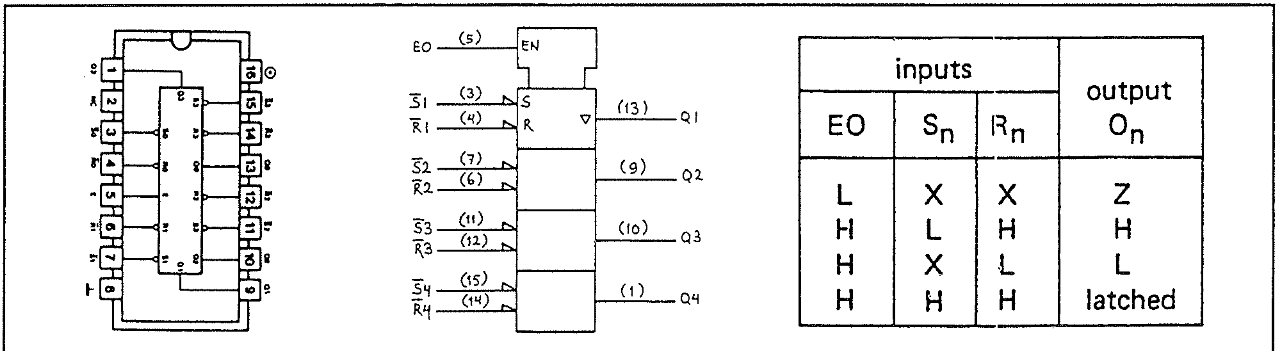
(wordt vervolgd)

5.2 CMOS-IC's



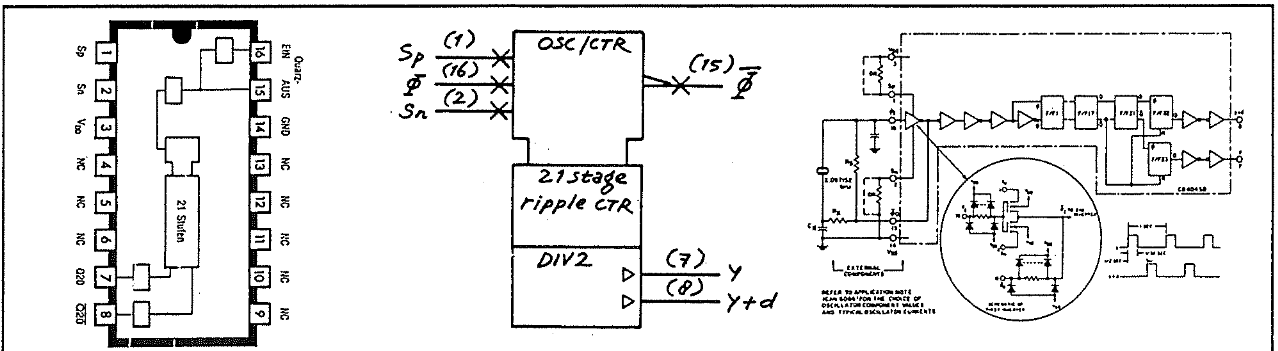
inputs			output
EO	S_n	R_n	O_n
L	X	X	Z
H	L	H	L
H	H	X	H
H	L	L	latched

4043 — 4 x R/S-latches, 3-state

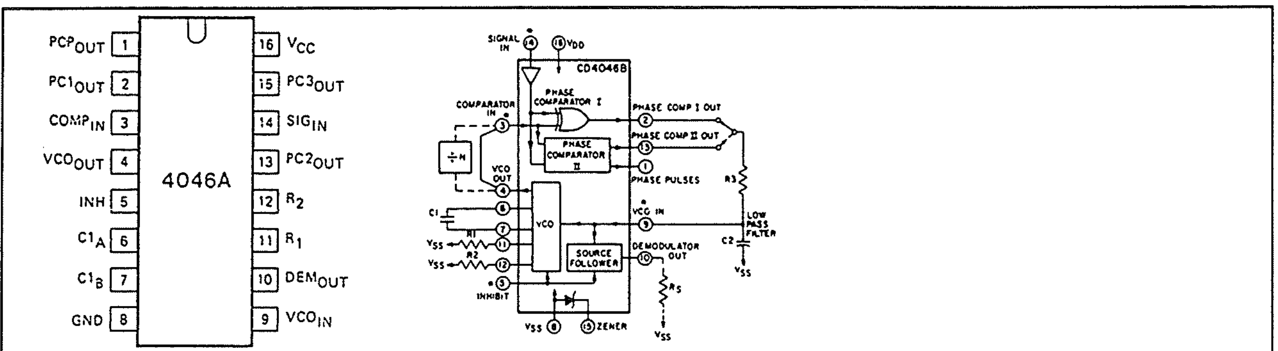


inputs			output
EO	S_n	R_n	O_n
L	X	X	Z
H	L	H	H
H	X	L	L
H	H	H	latched

4044 — 4 x R/S-latches, 3-state

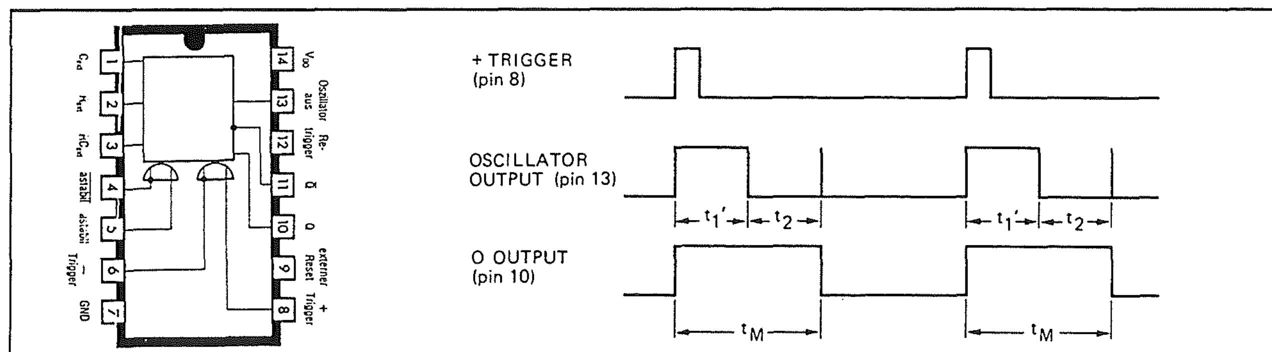


4045 — 21 traps binaire teller met oscillator

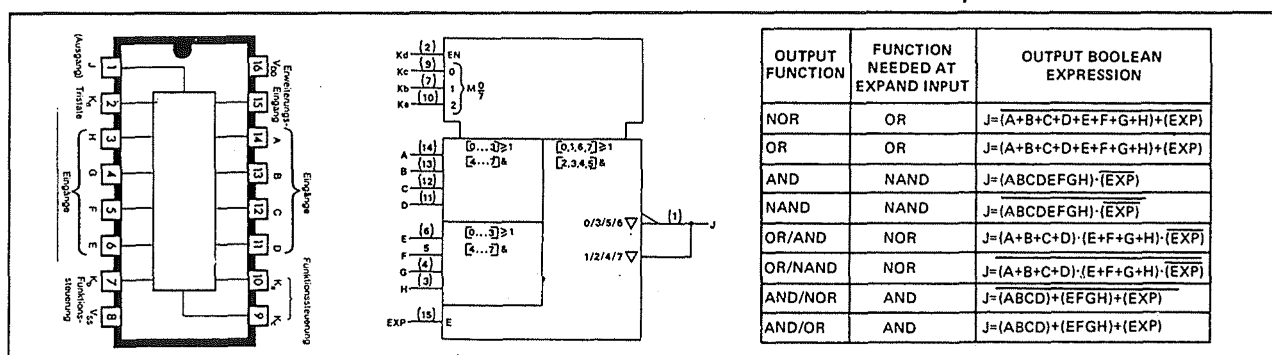


4046 — PLL

5.2 CMOS-IC's

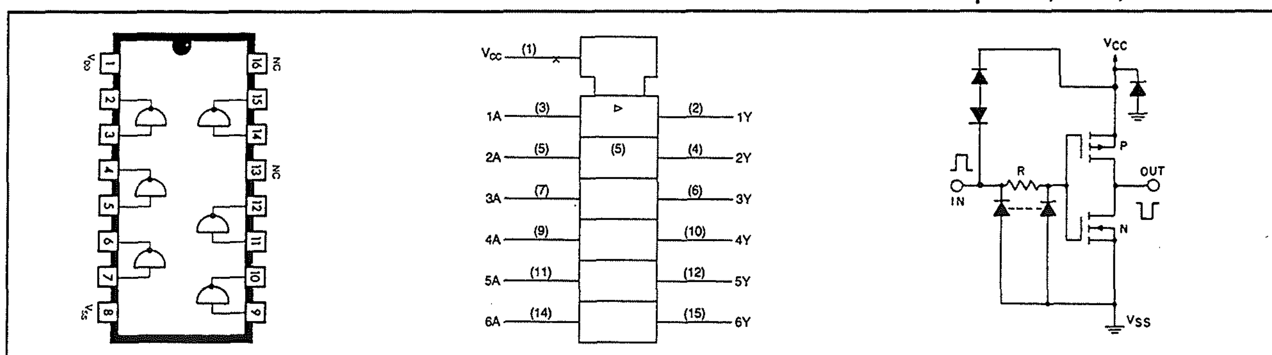


4047 monostabiele/astabiele multivibrator

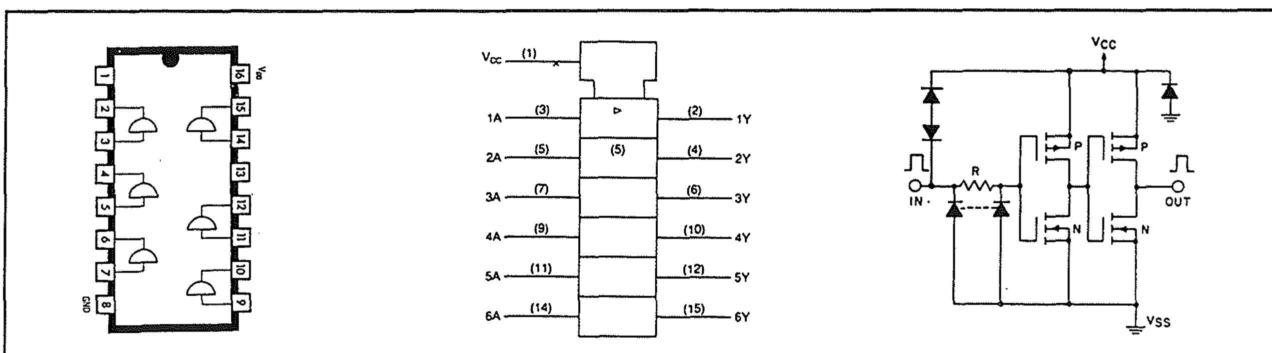


OUTPUT FUNCTION	FUNCTION NEEDED AT EXPAND INPUT	OUTPUT BOOLEAN EXPRESSION
NOR	OR	$J=\overline{(A+B+C+D+E+F+G+H)+(EXP)}$
OR	OR	$J=(A+B+C+D+E+F+G+H)+(EXP)$
AND	NAND	$J=(ABCDEFGH)\cdot\overline{(EXP)}$
NAND	NAND	$J=\overline{(ABCDEFGH)\cdot\overline{(EXP)}}$
OR/AND	NOR	$J=(A+B+C+D)\cdot(E+F+G+H)\cdot\overline{(EXP)}$
OR/NAND	NOR	$J=\overline{(A+B+C+D)\cdot(E+F+G+H)\cdot\overline{(EXP)}}$
AND/NOR	AND	$J=\overline{(ABCD)+(EFGH)+(EXP)}$
AND/OR	AND	$J=(ABCD)+(EFGH)+(EXP)$

4048 multi-functionele poort, 8 in, tri-state uit

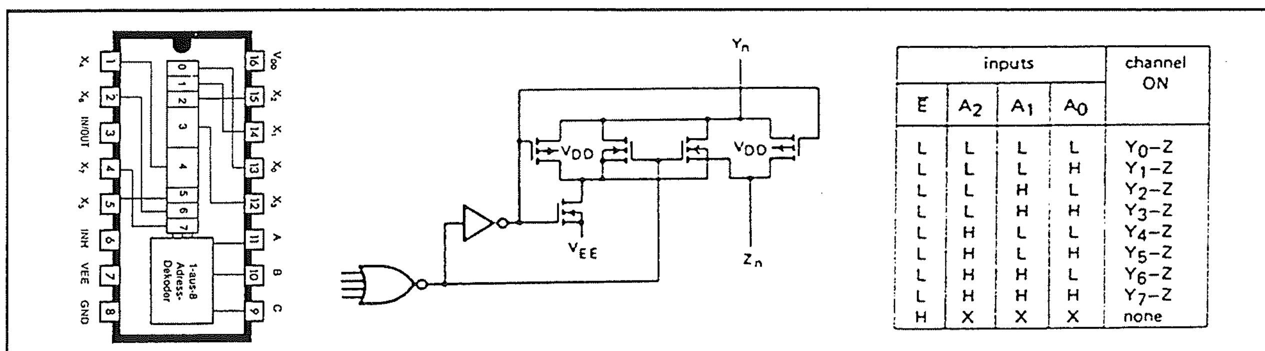


4049 6 x inverterende CMOS-TTL converter



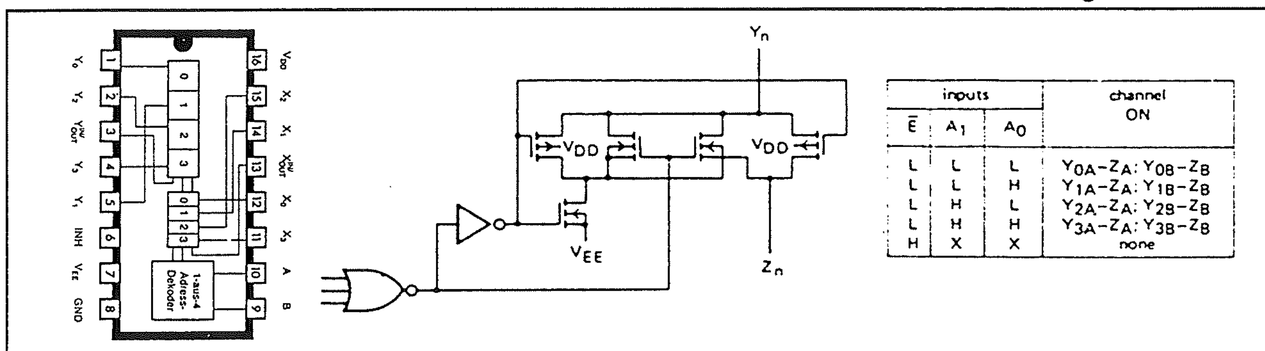
4050 6 x bufferende CMOS-TTL converter

5.2 CMOS-IC's



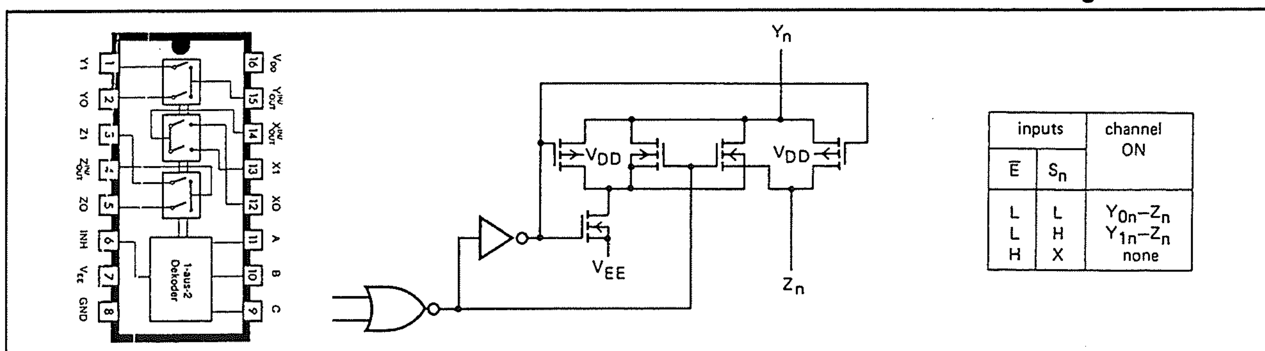
inputs				channel ON
$\overline{E}$	A_2	A_1	A_0	
L	L	L	L	Y_0-Z
L	L	L	H	Y_1-Z
L	L	H	L	Y_2-Z
L	L	H	H	Y_3-Z
L	H	L	L	Y_4-Z
L	H	L	H	Y_5-Z
L	H	H	L	Y_6-Z
L	H	H	H	Y_7-Z
H	X	X	X	none

4051 achtkanaals analoge schakelaar



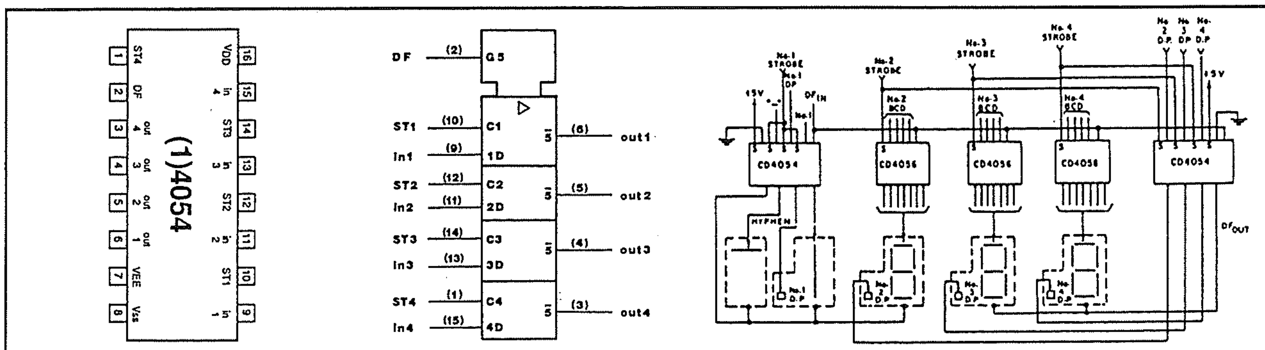
inputs			channel ON
$\overline{E}$	A_1	A_0	
L	L	L	$Y_{0A}-Z_A$; $Y_{0B}-Z_B$
L	L	H	$Y_{1A}-Z_A$; $Y_{1B}-Z_B$
L	H	L	$Y_{2A}-Z_A$; $Y_{2B}-Z_B$
L	H	H	$Y_{3A}-Z_A$; $Y_{3B}-Z_B$
H	X	X	none

4052 2 x vierkanaals analoge schakelaar



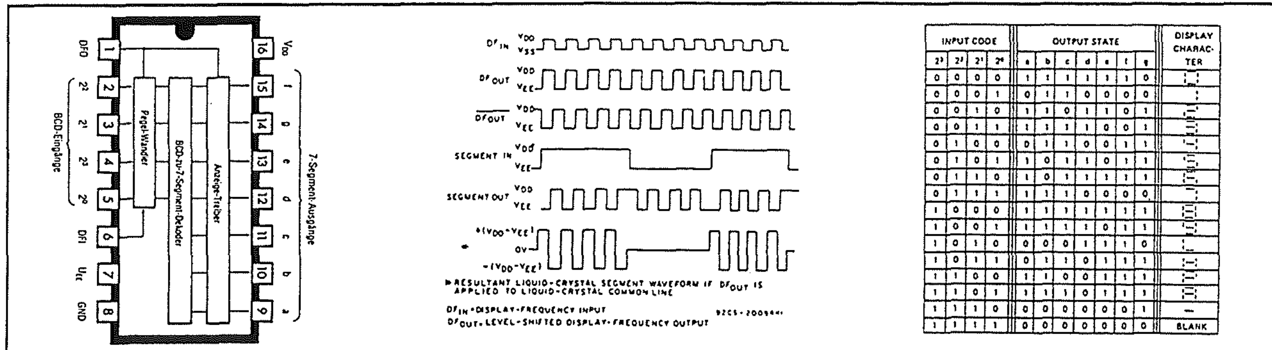
inputs		channel ON
$\overline{E}$	S_n	
L	L	$Y_{0n}-Z_n$
L	H	$Y_{1n}-Z_n$
H	X	none

4053 3 x tweekanaals analoge schakelaar



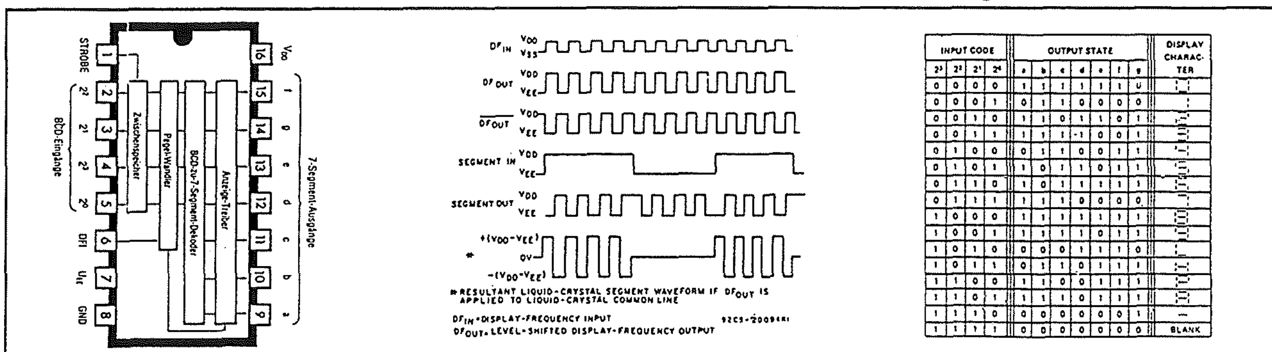
4054 4-segment display driver (level shifter)

5.2 CMOS-IC's



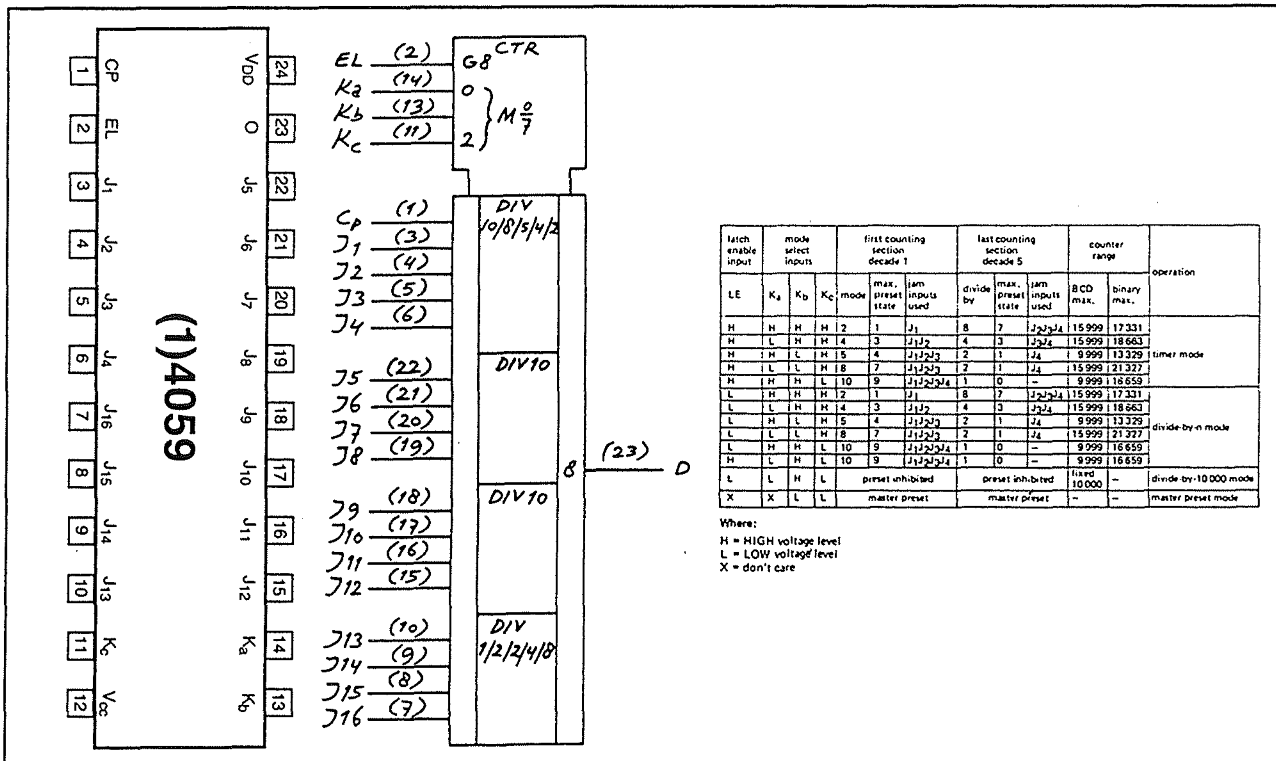
INPUT CODE				OUTPUT STATE							DISPLAY CHARACTER
2^3	2^2	2^1	2^0	a	b	c	d	e	f	g	
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9
1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	L
1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	H
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	P
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	A
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	—
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	BLANK

4055 BCD-naar-7-segment decoder/driver



INPUT CODE				OUTPUT STATE							DISPLAY CHARACTER
2^3	2^2	2^1	2^0	a	b	c	d	e	f	g	
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	U	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	9
1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	L
1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	H
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	P
1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	A
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	—
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	BLANK

4056 BCD-naar-7-segment latch/decoder/driver



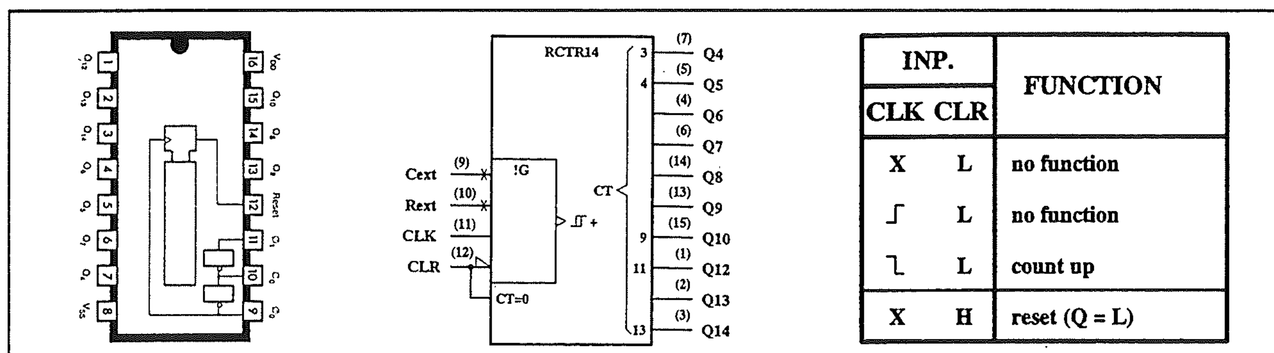
latch enable input	mode select inputs			first counting section decade 1			last counting section decade 5			counter range		operation
LE	K_a	K_b	K_c	mode	max. preset state	jam inputs used	divide by	max. preset state	jam inputs used	BCD max.	binary max.	
H	H	H	H	2	1	J_1	8	7	$J_2J_3J_4$	15 999	17 331	timer mode
H	L	H	H	4	3	J_1J_2	4	3	J_3J_4	15 999	18 663	timer mode
H	H	L	H	5	4	$J_1J_2J_3$	2	1	J_4	9 999	13 329	timer mode
H	L	L	H	8	7	$J_1J_2J_3$	2	1	J_4	15 999	21 327	timer mode
H	H	H	L	10	9	$J_1J_2J_3J_4$	1	0	–	9 999	16 659	timer mode
L	H	H	H	2	1	J_1	8	7	$J_2J_3J_4$	15 999	17 331	divide-by-n mode
L	L	H	H	4	3	J_1J_2	4	3	J_3J_4	15 999	18 663	divide-by-n mode
L	H	L	H	5	4	$J_1J_2J_3$	2	1	J_4	9 999	13 329	divide-by-n mode
L	L	L	H	8	7	$J_1J_2J_3$	2	1	J_4	15 999	21 327	divide-by-n mode
L	H	H	L	10	9	$J_1J_2J_3J_4$	1	0	–	9 999	16 659	divide-by-n mode
H	L	H	L	10	9	$J_1J_2J_3J_4$	1	0	–	9 999	16 659	divide-by-n mode
L	L	H	L	preset inhibited			preset inhibited			fixed 10 000	–	divide-by-10 000 mode
X	X	L	L	master preset			master preset			–	–	master preset mode

Where:
H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = don't care

4059 programmeerbare n-teller

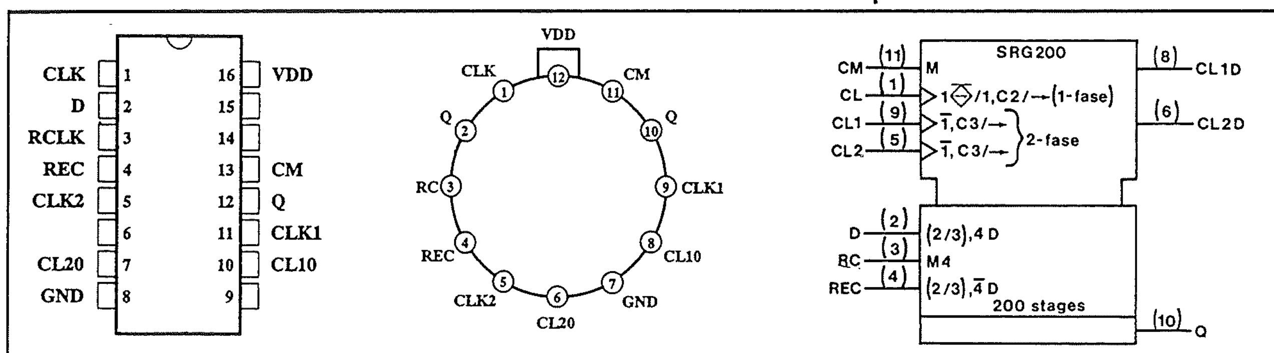
(wordt vervolgd)

5.2 CMOS-IC's

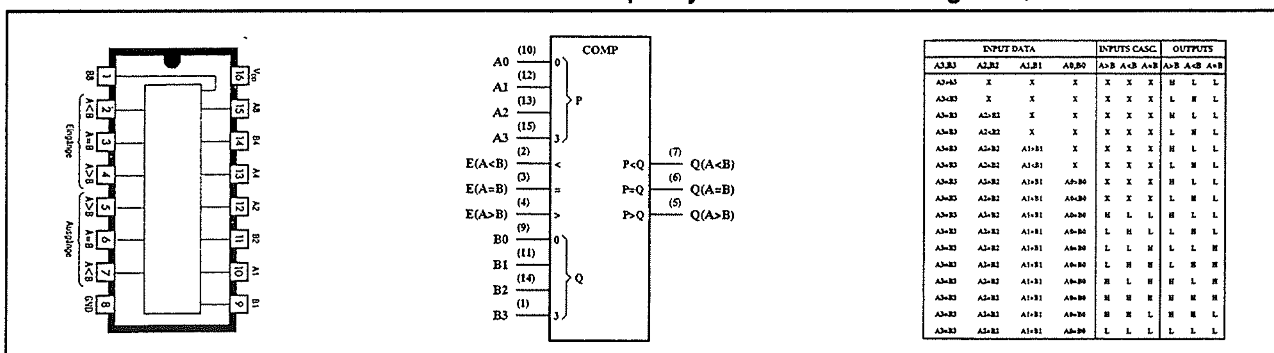


INP.		FUNCTION
CLK	CLR	
X	L	no function
⎍ (rising edge)	L	no function
⎍ (falling edge)	L	count up
X	H	reset (Q = L)

4060 — 14 traps binaire teller met oscillator

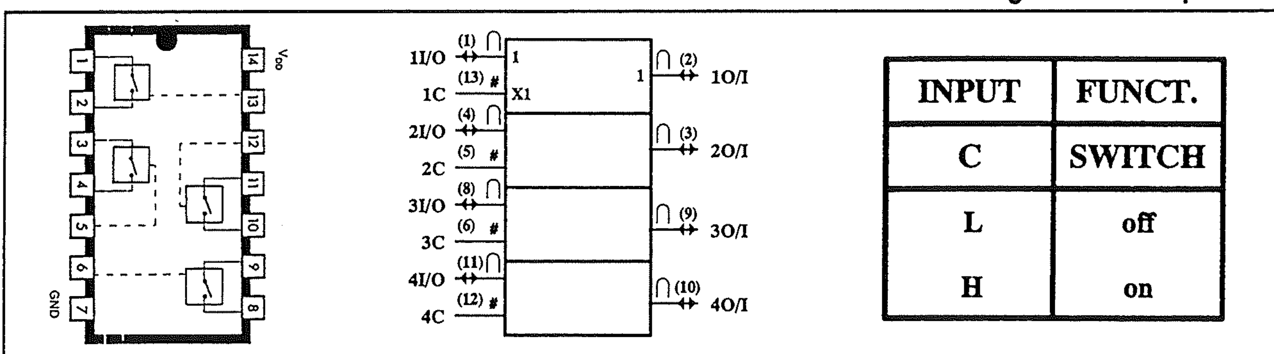


4062 — 200 traps dynamisch schuifregister, 1- of 2-fase clock



INPUT DATA				INPUTS CASC.			OUTPUTS		
A3,B3	A2,B2	A1,B1	A0,B0	A>B	A<B	A=B	A>B	A<B	A=B
A3>B3	X	X	X	X	X	X	H	L	L
A3<B3	X	X	X	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2>B2	X	X	X	X	X	H	L	L
A3=B3	A2<B2	X	X	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1>B1	X	X	X	X	H	L	L
A3=B3	A2=B2	A1<B1	X	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0>B0	X	X	X	H	L	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0<B0	X	X	X	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	H	L	L	H	L	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	L	H	L	L	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	L	L	H	L	L	H
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	L	H	H	L	H	H
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	H	L	H	H	L	H
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	H	H	H	H	H	H
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	H	H	L	H	H	L
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	L	L	L	L	L	L

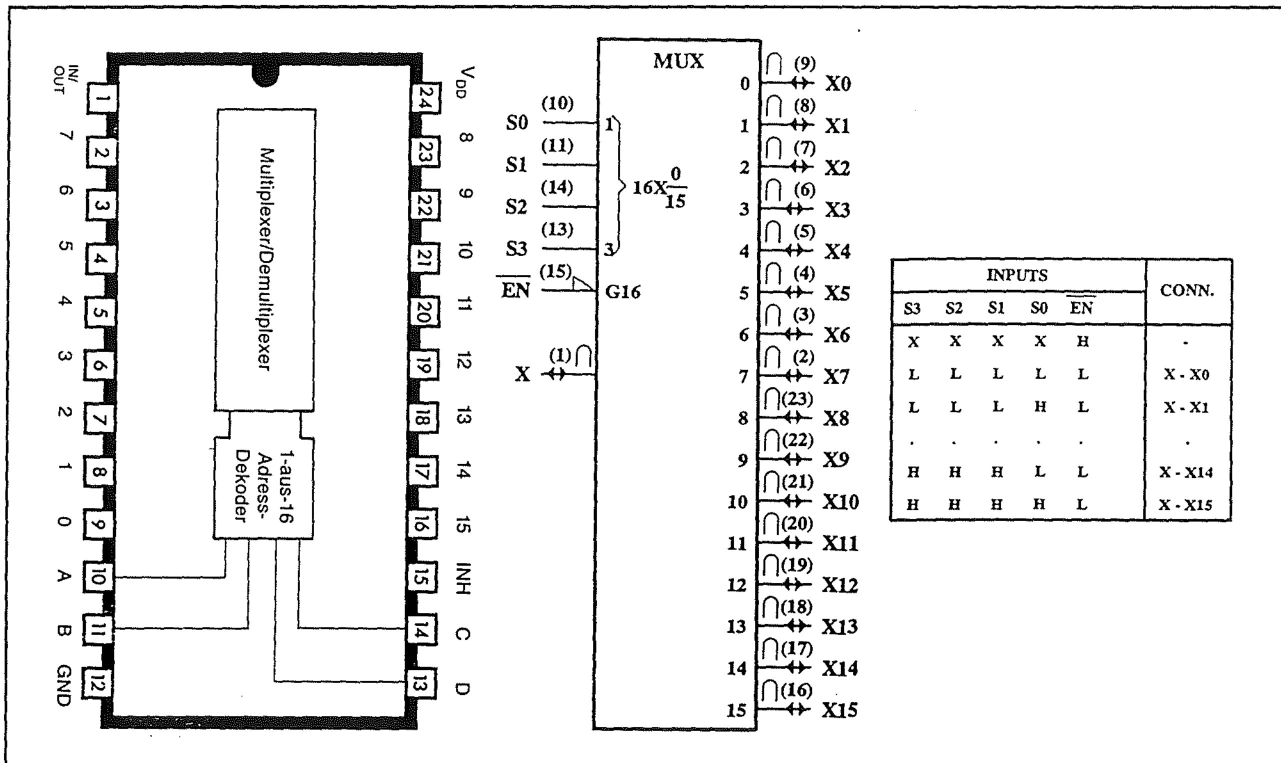
4063 — 4 bit magnitude comparator



INPUT	FUNCT.
C	SWITCH
L	off
H	on

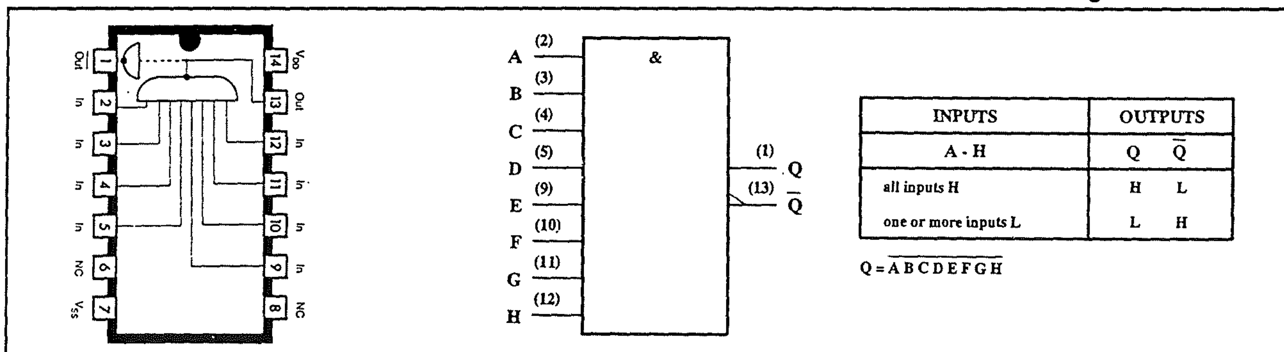
4066 — 4 x analoge omschakelaar

5.2 CMOS-IC's



INPUTS					CONN.
S3	S2	S1	S0	$\overline{EN}$	
X	X	X	X	H	-
L	L	L	L	L	X - X0
L	L	L	H	L	X - X1
.	.	.	.	.	.
H	H	H	L	L	X - X14
H	H	H	H	L	X - X15

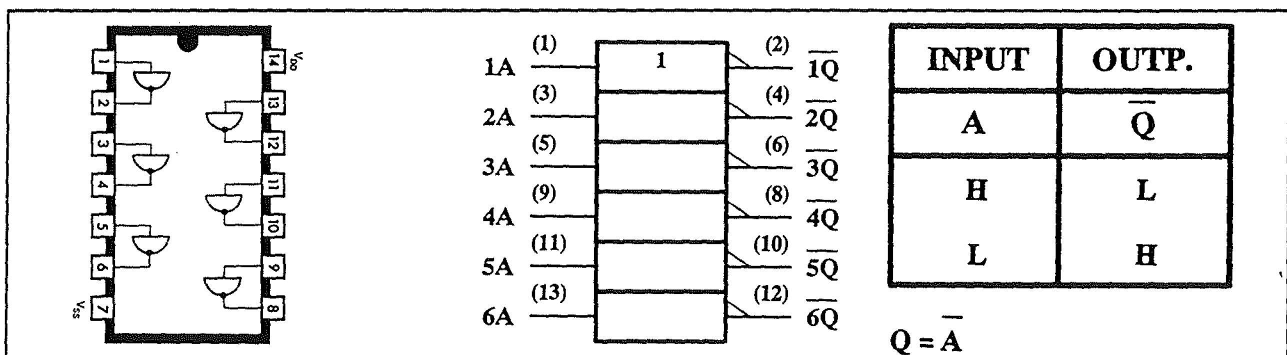
4067 zestienkanaals analoge schakelaar



INPUTS	OUTPUTS	
A - H	Q	$\overline{Q}$
all inputs H	H	L
one or more inputs L	L	H

$Q = \overline{ABCDEFGH}$

4068 1 x 8 in NAND

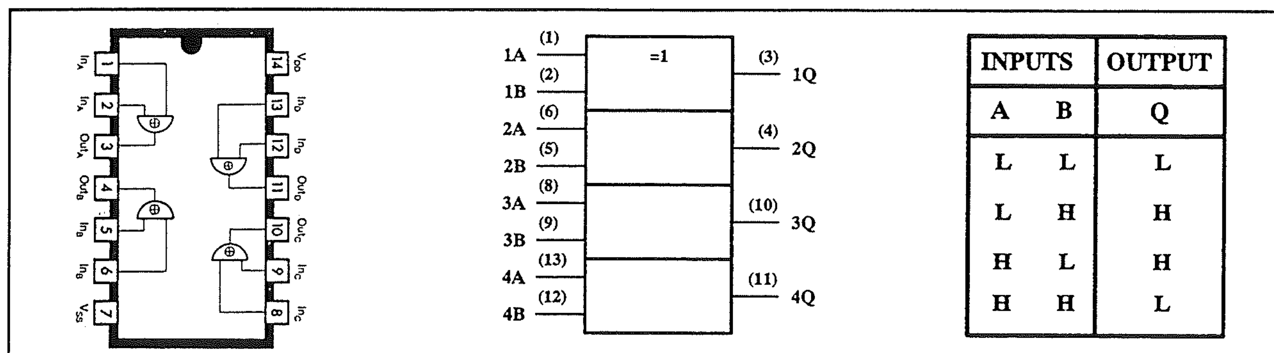


INPUT	OUTP.
A	$\overline{Q}$
H	L
L	H

$Q = \overline{A}$

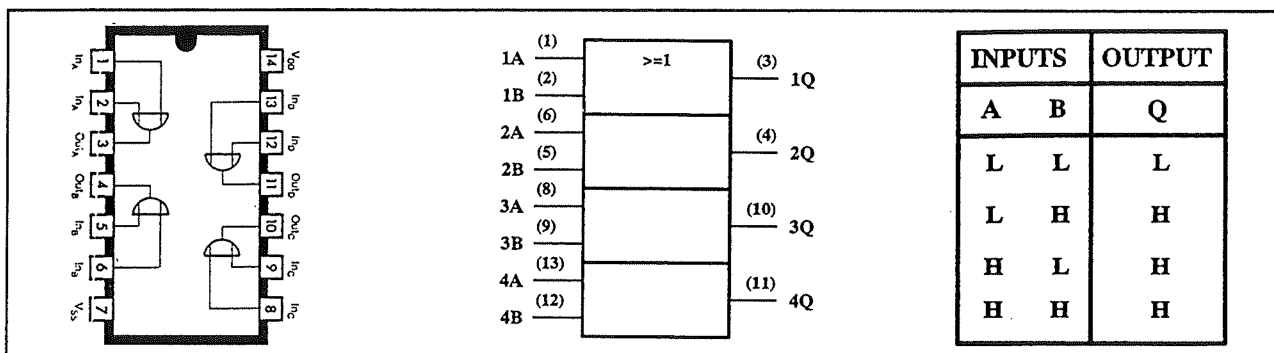
4069 6 x inverter

5.2 CMOS-IC's



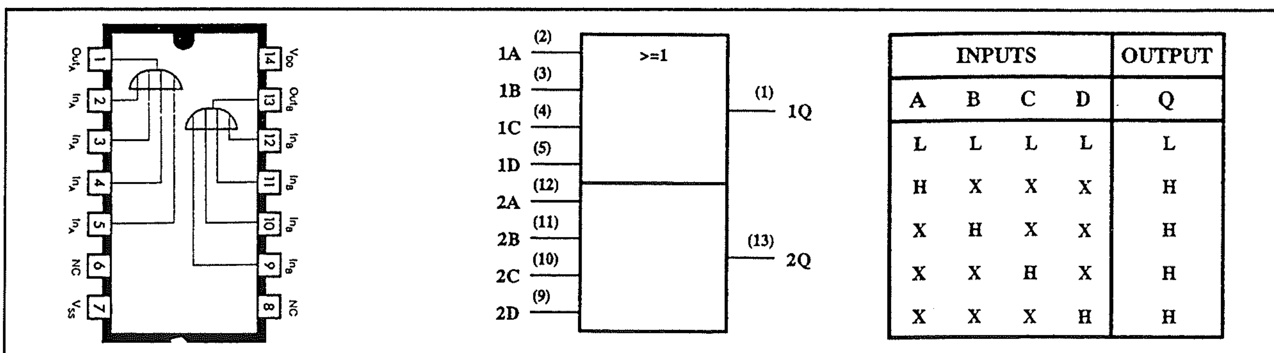
INPUTS		OUTPUT
A	B	Q
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

4070 — 4 x 2 in EXOR



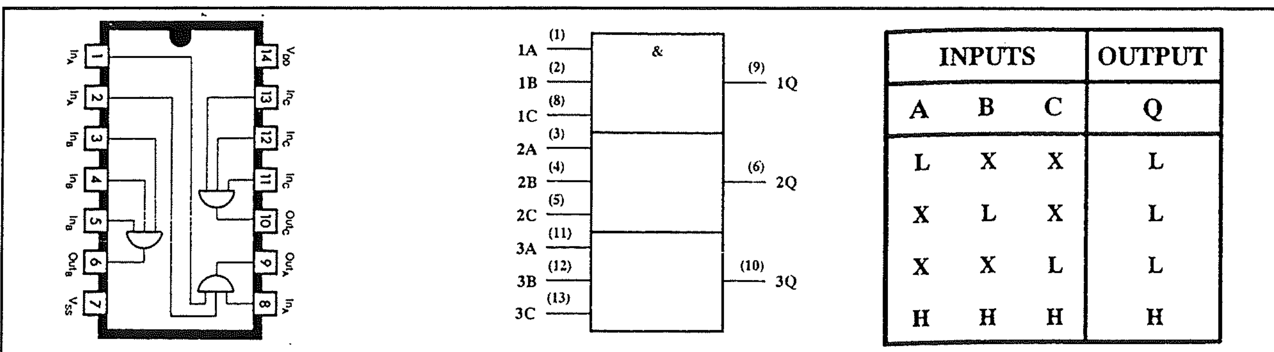
INPUTS		OUTPUT
A	B	Q
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H

4071 — 4 x 2 in OR



INPUTS				OUTPUT
A	B	C	D	Q
L	L	L	L	L
H	X	X	X	H
X	H	X	X	H
X	X	H	X	H
X	X	X	H	H

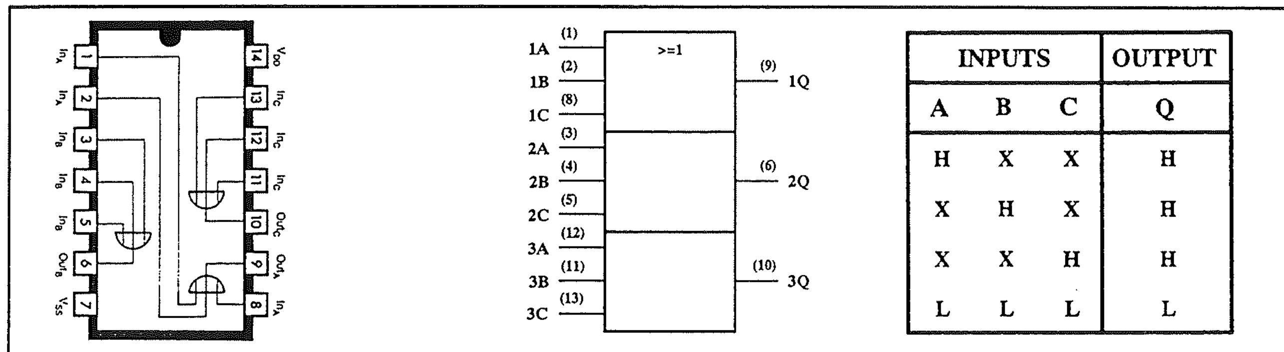
4072 — 2 x 4 in OR



INPUTS			OUTPUT
A	B	C	Q
L	X	X	L
X	L	X	L
X	X	L	L
H	H	H	H

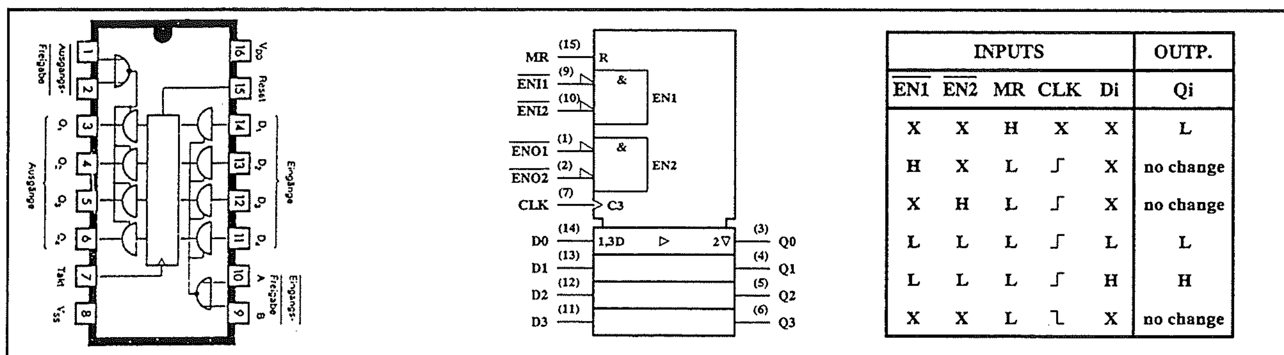
4073 — 3 x 3 in AND

5.2 CMOS-IC's



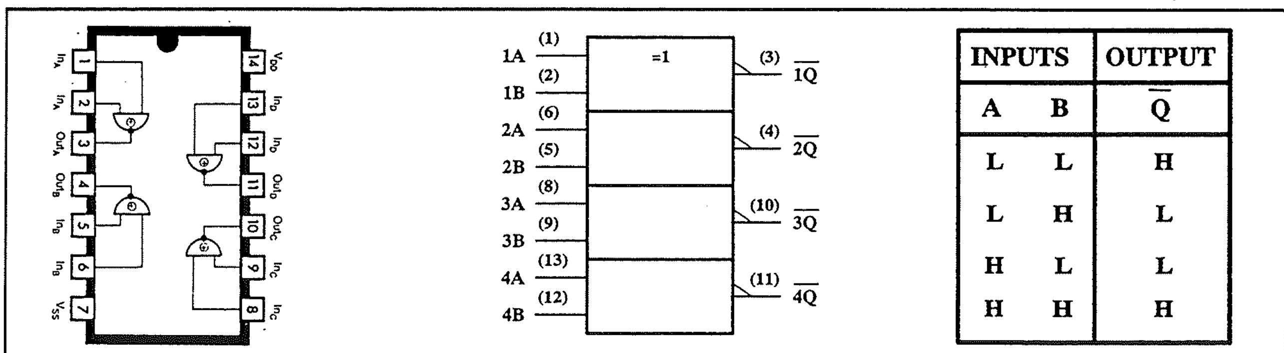
INPUTS			OUTPUT
A	B	C	Q
H	X	X	H
X	H	X	H
X	X	H	H
L	L	L	L

4075 — 3 x 3 in OR



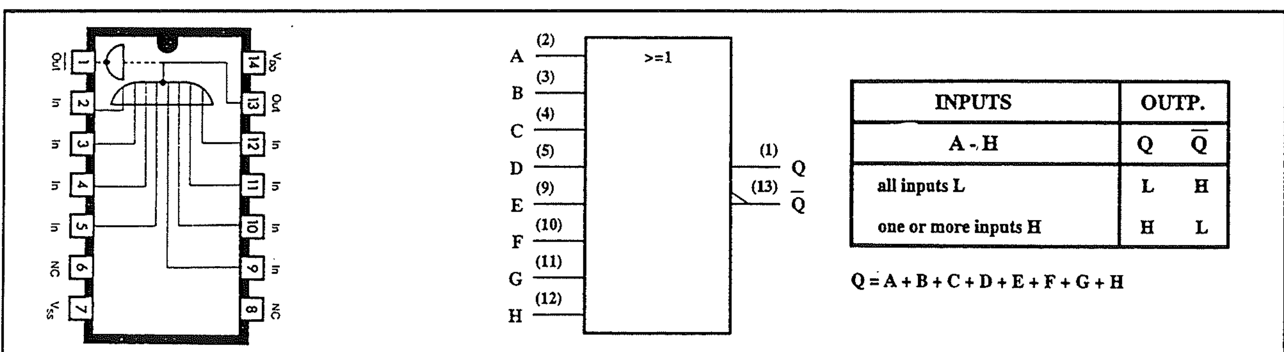
INPUTS					OUTP.
$\overline{EN1}$	$\overline{EN2}$	MR	CLK	Di	Qi
X	X	H	X	X	L
H	X	L	ʃ	X	no change
X	H	L	ʃ	X	no change
L	L	L	ʃ	L	L
L	L	L	ʃ	H	H
X	X	L	ʅ	X	no change

4076 — 4 x D-FF, 3-state



INPUTS		OUTPUT
A	B	$\overline{Q}$
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	H

4077 — 4 x 2 in EXNOR

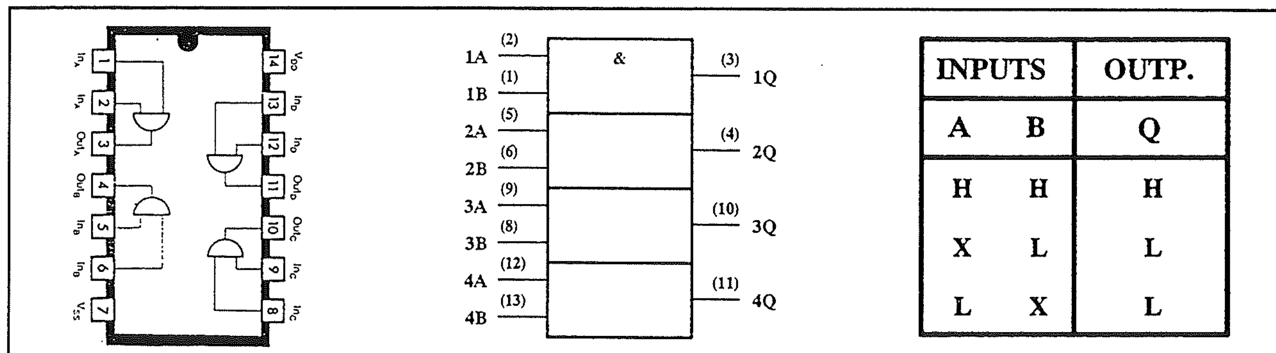


INPUTS	OUTP.	
A - H	Q	$\overline{Q}$
all inputs L	L	H
one or more inputs H	H	L

$\overline{Q} = A + B + C + D + E + F + G + H$

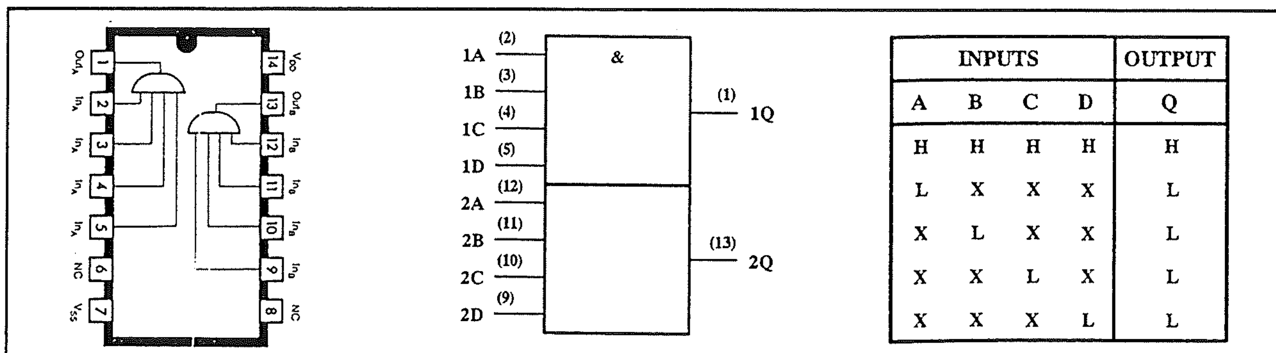
4078 — 1 x 8 in NOR

5.2 CMOS-IC's



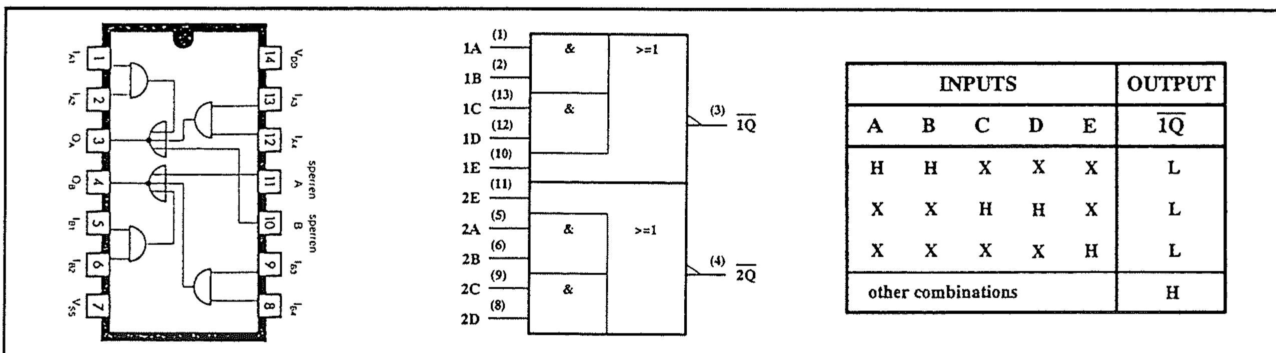
INPUTS		OUTP.
A	B	Q
H	H	H
X	L	L
L	X	L

4081 — **4 x 2 in AND**



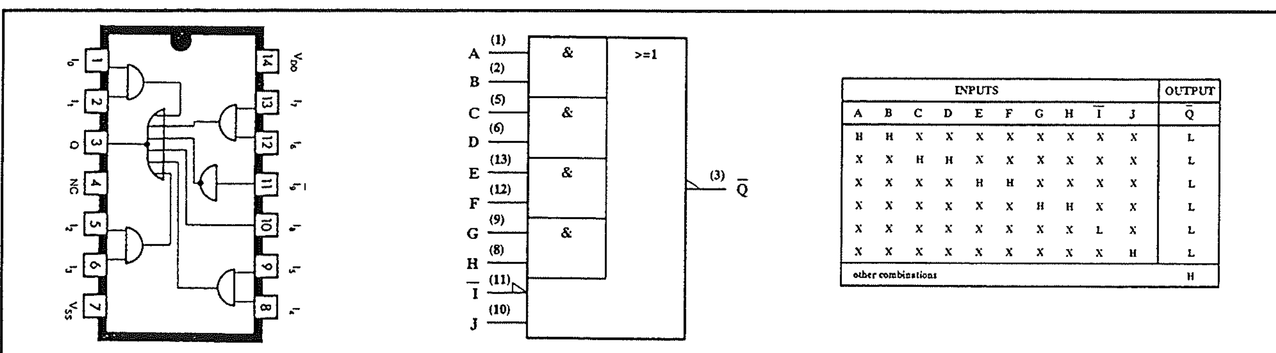
INPUTS				OUTPUT
A	B	C	D	Q
H	H	H	H	H
L	X	X	X	L
X	L	X	X	L
X	X	L	X	L
X	X	X	L	L

4082 — **2 x 4 in AND**



INPUTS					OUTPUT
A	B	C	D	E	$\overline{1Q}$
H	H	X	X	X	L
X	X	H	H	X	L
X	X	X	X	H	L
other combinations					H

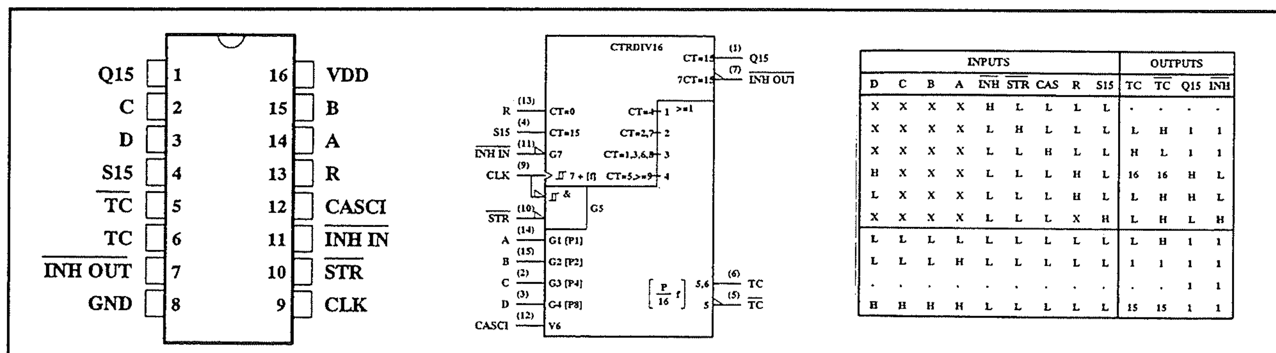
4085 — **2 x "two-wide" AND-OR-INVERT**



INPUTS										OUTPUT
A	B	C	D	E	F	G	H	$\overline{I}$	J	$\overline{Q}$
H	H	X	X	X	X	X	X	X	X	L
X	X	H	H	X	X	X	X	X	X	L
X	X	X	X	H	H	X	X	X	X	L
X	X	X	X	X	X	H	H	X	X	L
X	X	X	X	X	X	X	X	L	X	L
X	X	X	X	X	X	X	X	X	H	L
other combinations										H

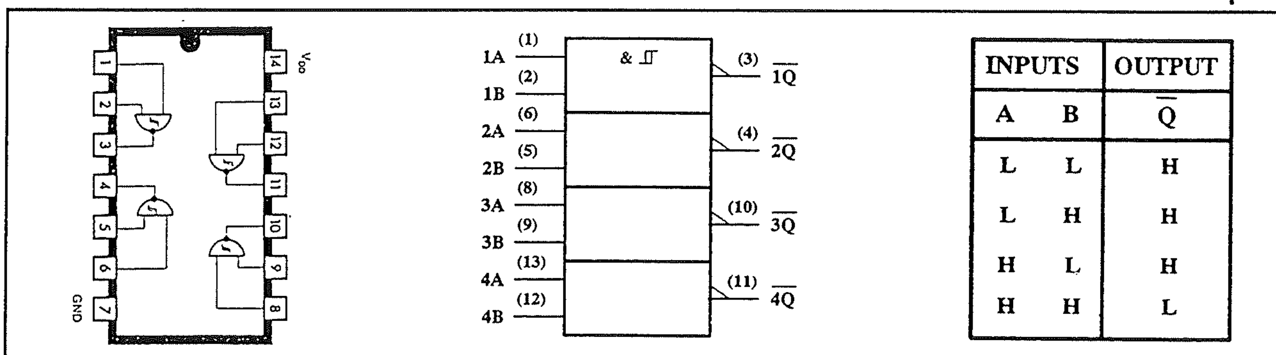
4086 — **"four-wide" AND-OR-INVERT**

5.2 CMOS-IC's



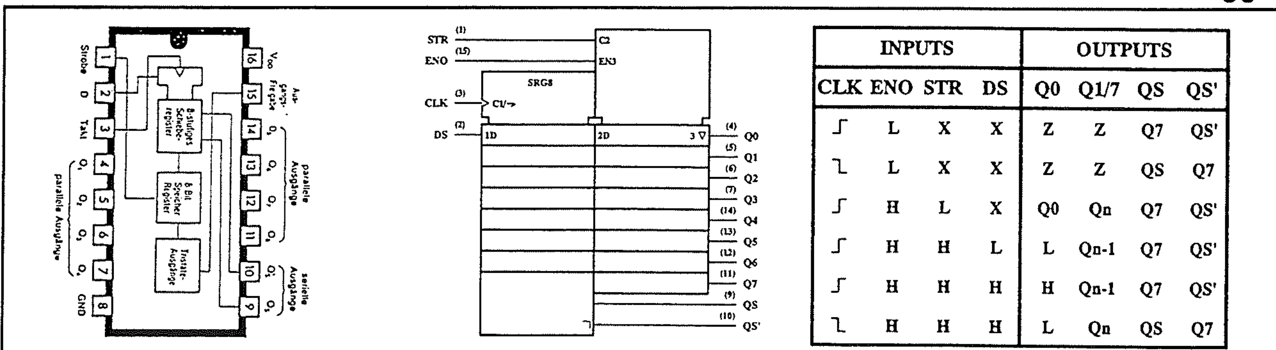
INPUTS									OUTPUTS			
D	C	B	A	$\overline{INH}$	$\overline{STR}$	CAS	R	S15	TC	$\overline{TC}$	Q15	$\overline{INH}$
X	X	X	X	H	L	L	L	L	.	.	.	.
X	X	X	X	L	H	L	L	L	L	H	1	1
X	X	X	X	L	L	H	L	L	H	L	1	1
H	X	X	X	L	L	L	H	L	16	16	H	L
L	X	X	X	L	L	L	H	L	L	H	H	L
X	X	X	X	L	L	L	X	H	L	H	L	H
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	1	1
L	L	L	H	L	L	L	L	L	1	1	1	1
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1
H	H	H	H	L	L	L	L	L	15	15	1	1

4089 binaire rate multiplier



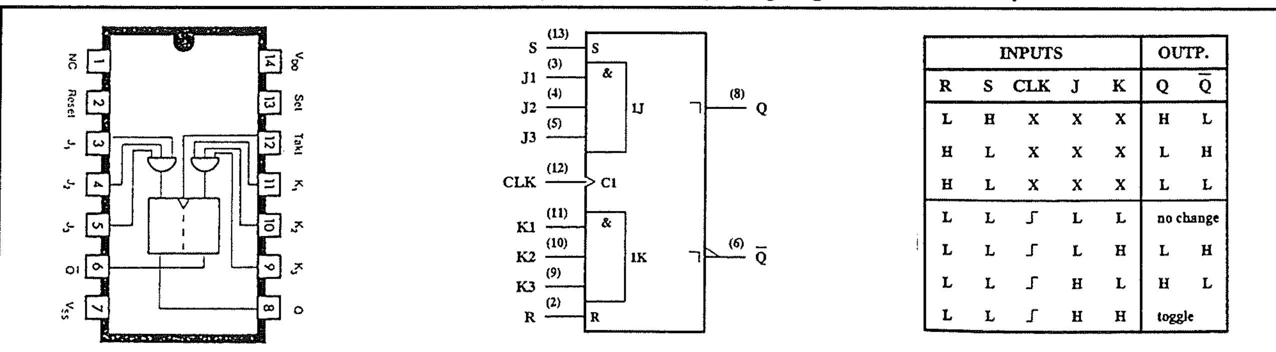
INPUTS		OUTPUT
A	B	$\overline{Q}$
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

4093 4 x 2 in NAND, Schmitt-trigger



INPUTS				OUTPUTS			
CLK	ENO	STR	DS	Q0	Q1/7	QS	QS'
⌠	L	X	X	Z	Z	Q7	QS'
⌡	L	X	X	Z	Z	QS	Q7
⌠	H	L	X	Q0	Qn	Q7	QS'
⌠	H	H	L	L	Qn-1	Q7	QS'
⌠	H	H	H	H	Qn-1	Q7	QS'
⌡	H	H	H	L	Qn	QS	Q7

4094 8 traps schuif-/opslagregister serie-in/parallel-uit, tri-state

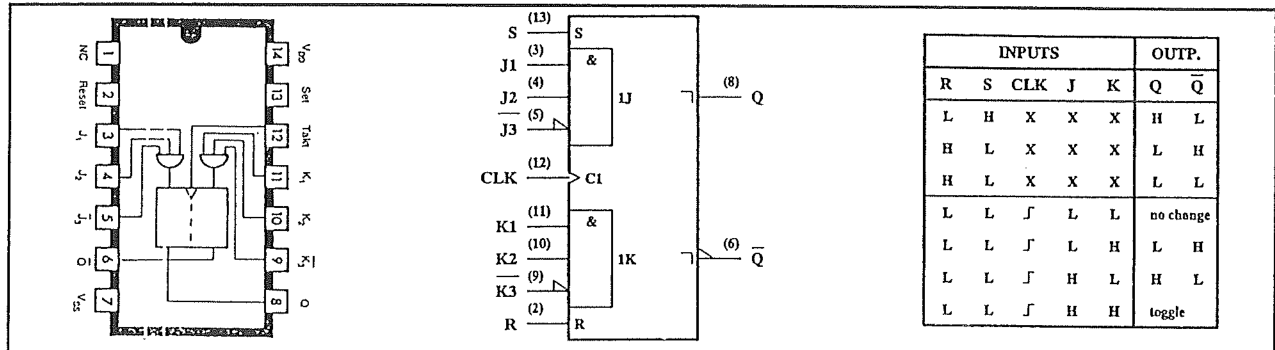


INPUTS					OUTP.	
R	S	CLK	J	K	Q	$\overline{Q}$
L	H	X	X	X	H	L
H	L	X	X	X	L	H
H	L	X	X	X	L	L
L	L	⌠	L	L	no change	
L	L	⌠	L	H	L	H
L	L	⌠	H	L	H	L
L	L	⌠	H	H	toggle	

4095 J-K master-slave met AND-ingangen

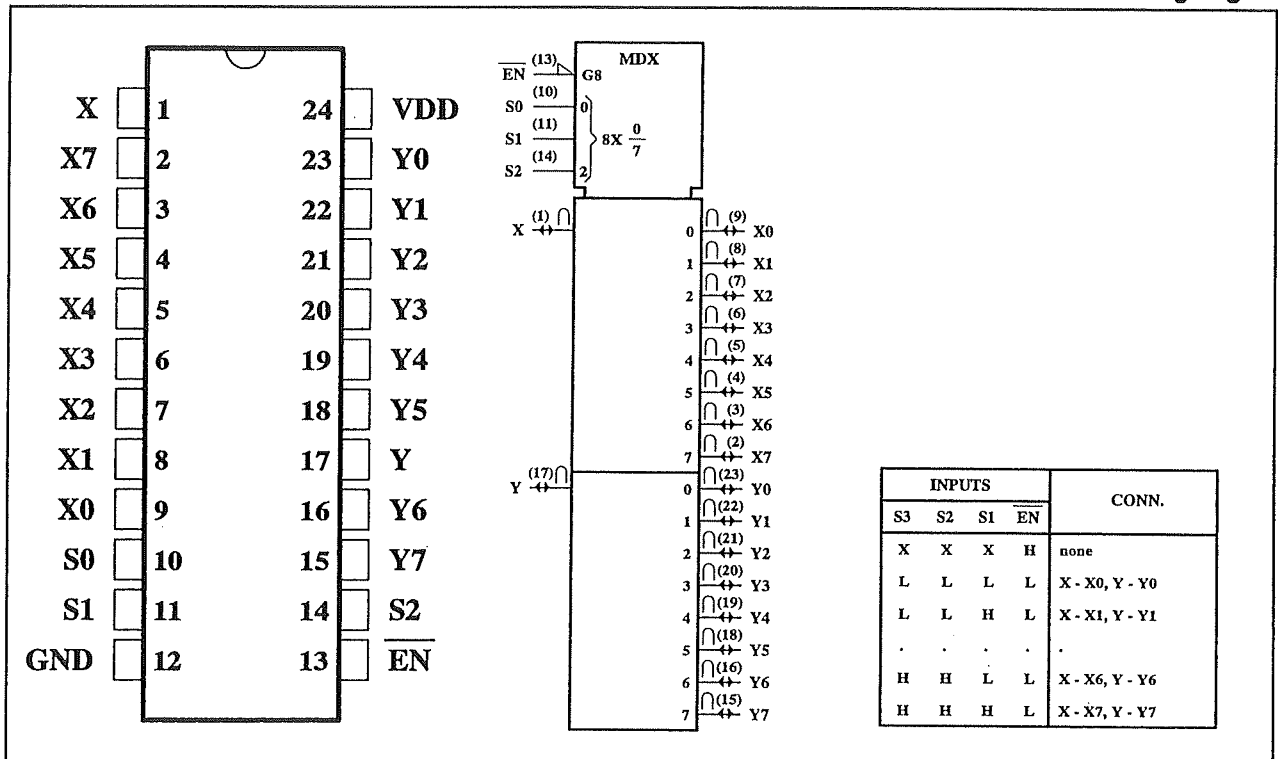
(wordt vervolgd)

5.2 CMOS-IC's



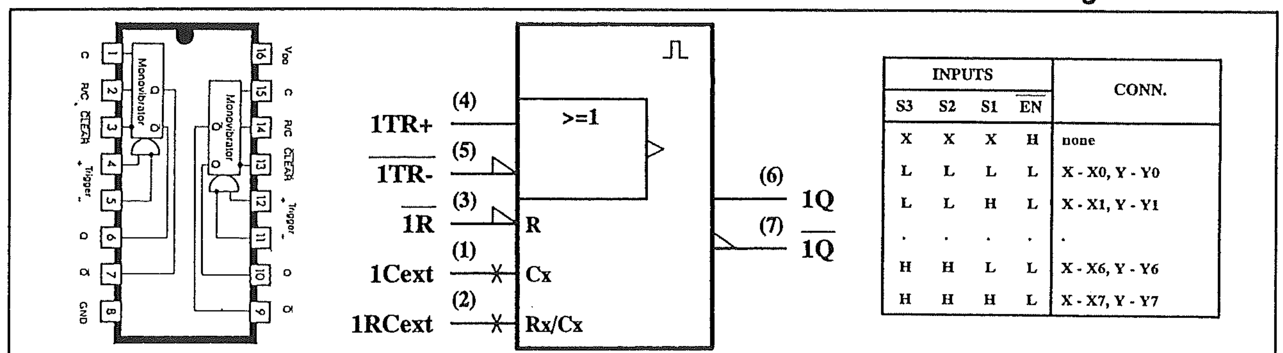
INPUTS					OUTP.	
R	S	CLK	J	K	Q	$\overline{Q}$
L	H	X	X	X	H	L
H	L	X	X	X	L	H
H	L	X	X	X	L	L
L	L	⌠	L	L	no change	
L	L	⌠	L	H	L	H
L	L	⌠	H	L	H	L
L	L	⌠	H	H	toggle	

4096 J-K master-slave met AND-ingangen



INPUTS				CONN.
S3	S2	S1	$\overline{EN}$	
X	X	X	H	none
L	L	L	L	X - X0, Y - Y0
L	L	H	L	X - X1, Y - Y1
.	.	.	.	.
H	H	L	L	X - X6, Y - Y6
H	H	H	L	X - X7, Y - Y7

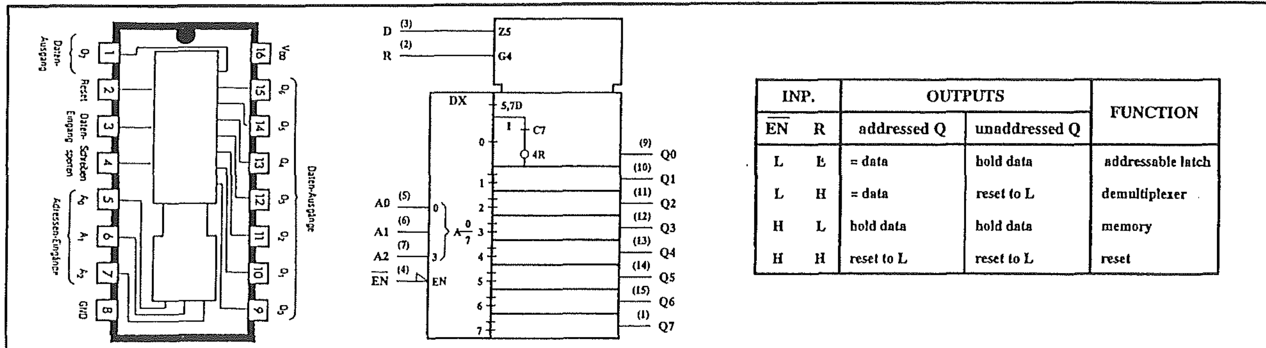
4097 differentiële achtkanaals analoge schakelaar



INPUTS				CONN.
S3	S2	S1	$\overline{EN}$	
X	X	X	H	none
L	L	L	L	X - X0, Y - Y0
L	L	H	L	X - X1, Y - Y1
.	.	.	.	.
H	H	L	L	X - X6, Y - Y6
H	H	H	L	X - X7, Y - Y7

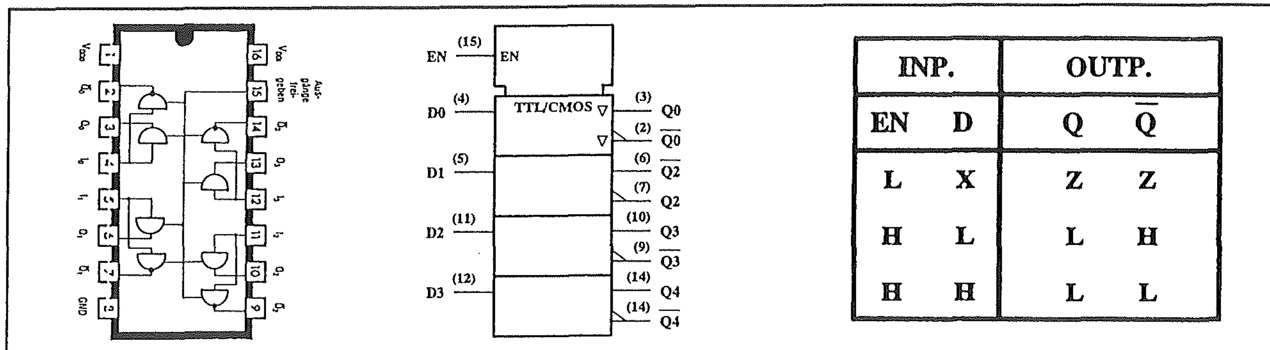
4098 dubbele monostabiele multivibrator

5.2 CMOS-IC's



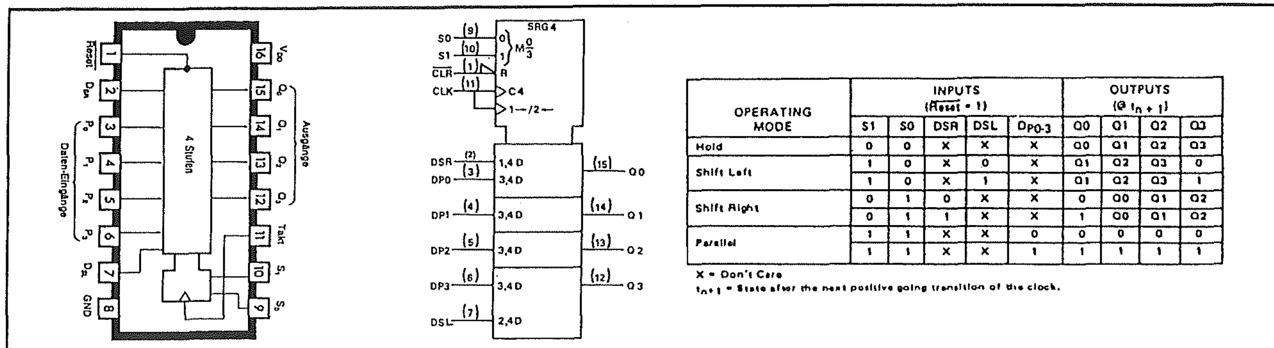
INP.		OUTPUTS		FUNCTION
EN	R	addressed Q	unaddressed Q	
L	L	= data	hold data	addressable latch
L	H	= data	reset to L	demultiplexer
H	L	hold data	hold data	memory
H	H	reset to L	reset to L	reset

4099 8 bit adresseerbare latch



INP.		OUTP.	
EN	D	Q	$\overline{Q}$
L	X	Z	Z
H	L	L	H
H	H	L	L

4104 4 x laag- naar hoogspanning shifter, tri-state

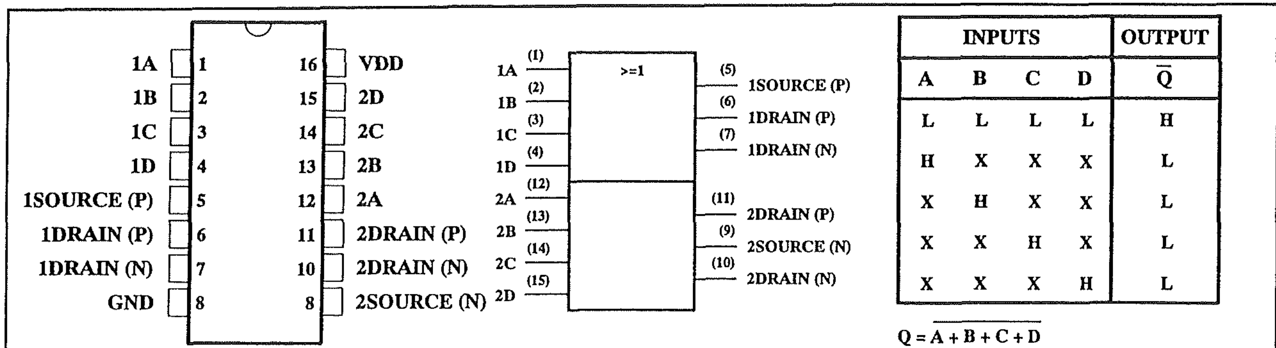


OPERATING MODE	INPUTS ($\overline{Reset}$ = 1)					OUTPUTS (@ t_{n+1})			
	S1	S0	DSR	DSL	D_{P0-3}	Q0	Q1	Q2	Q3
Hold	0	0	X	X	X	Q0	Q1	Q2	Q3
Shift Left	1	0	X	0	X	Q1	Q2	Q3	0
	1	0	X	1	X	Q1	Q2	Q3	1
Shift Right	0	1	0	X	X	0	Q0	Q1	Q2
	0	1	1	X	X	1	Q0	Q1	Q2
Parallel	1	1	X	X	0	0	0	0	0
	1	1	X	X	1	1	1	1	1

X = Don't Care

t_{n+1} = State after the next positive going transition of the clock.

4194 4 bit bidir. schuifregister, serie-in/-uit, parallel-in/-uit schuifregister, hold, reset

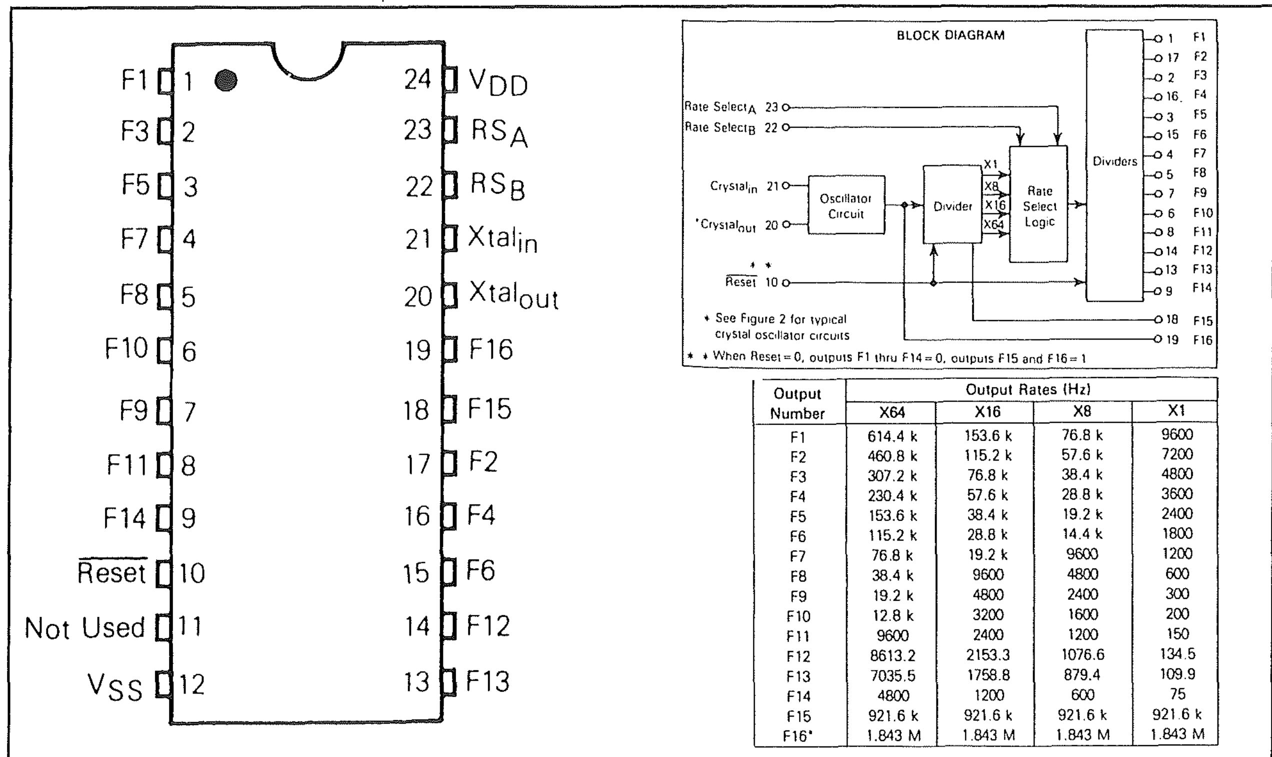


INPUTS				OUTPUT
A	B	C	D	$\overline{Q}$
L	L	L	L	H
H	X	X	X	L
X	H	X	X	L
X	X	H	X	L
X	X	X	H	L

$Q = \overline{A + B + C + D}$

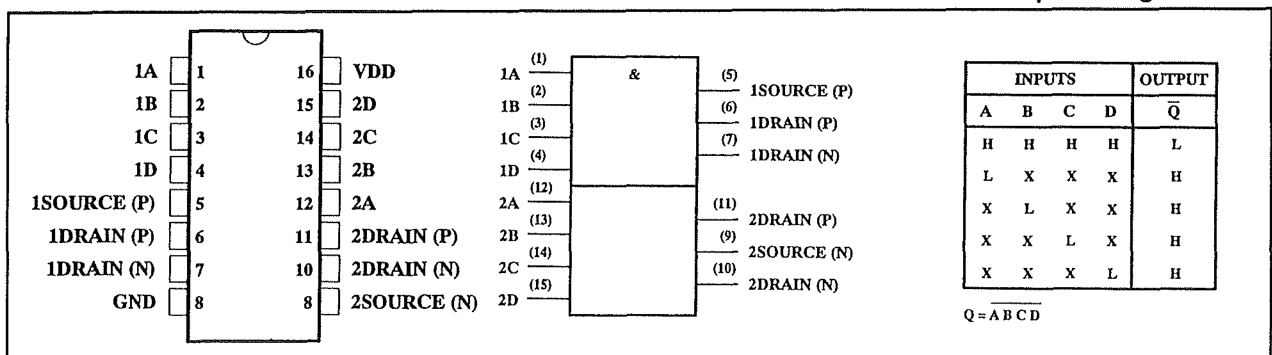
4402 2 x NOR met transistor-uitgang

5.2 CMOS-IC's



Output Number	Output Rates (Hz)			
	X64	X16	X8	X1
F1	614.4 k	153.6 k	76.8 k	9600
F2	460.8 k	115.2 k	57.6 k	7200
F3	307.2 k	76.8 k	38.4 k	4800
F4	230.4 k	57.6 k	28.8 k	3600
F5	153.6 k	38.4 k	19.2 k	2400
F6	115.2 k	28.8 k	14.4 k	1800
F7	76.8 k	19.2 k	9600	1200
F8	38.4 k	9600	4800	600
F9	19.2 k	4800	2400	300
F10	12.8 k	3200	1600	200
F11	9600	2400	1200	150
F12	8613.2	2153.3	1076.6	134.5
F13	7035.5	1758.8	879.4	109.9
F14	4800	1200	600	75
F15	921.6 k	921.6 k	921.6 k	921.6 k
F16*	1.843 M	1.843 M	1.843 M	1.843 M

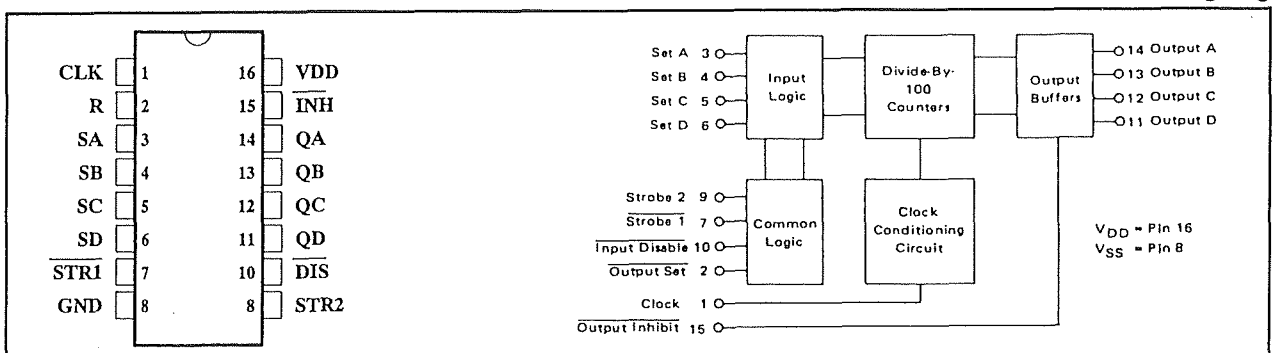
4411 bit rate frequentie generator



INPUTS				OUTPUT
A	B	C	D	$\overline{Q}$
H	H	H	H	L
L	X	X	X	H
X	L	X	X	H
X	X	L	X	H
X	X	X	L	H

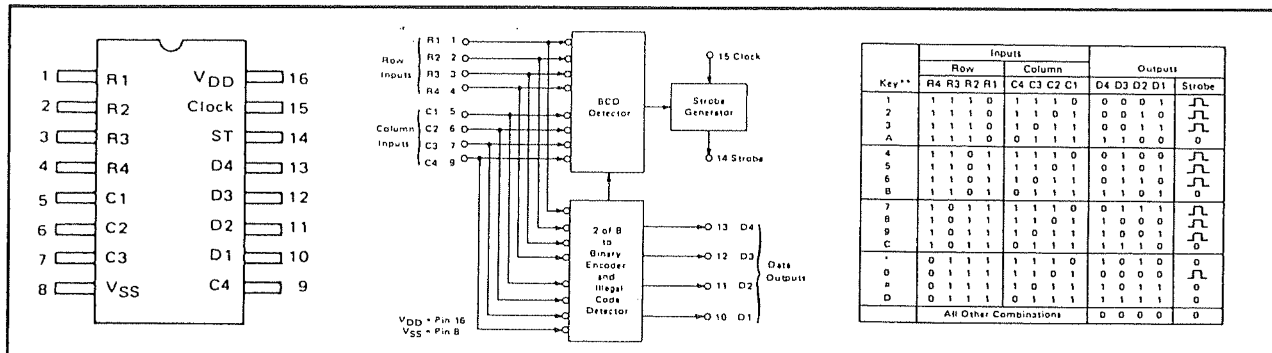
$Q = \overline{ABCD}$

4412 2 x NAND met transistor-uitgang



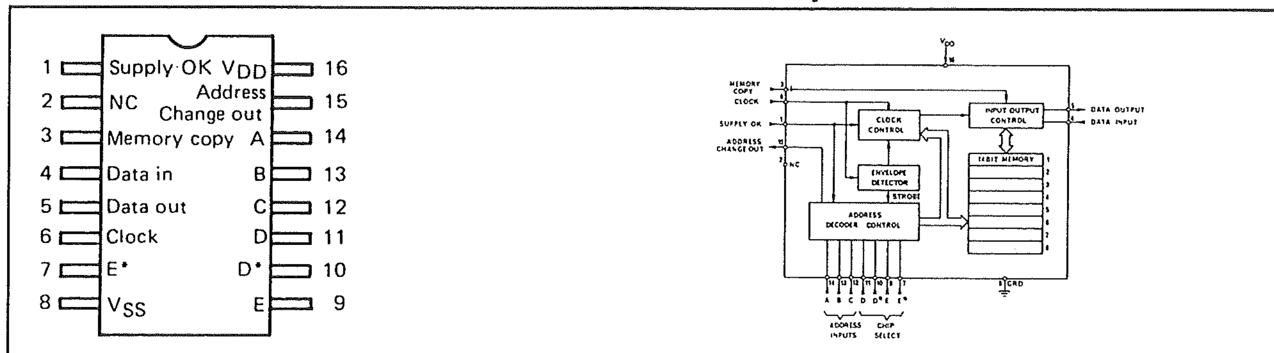
4415 viervoudige timer met driver

5.2 CMOS-IC's

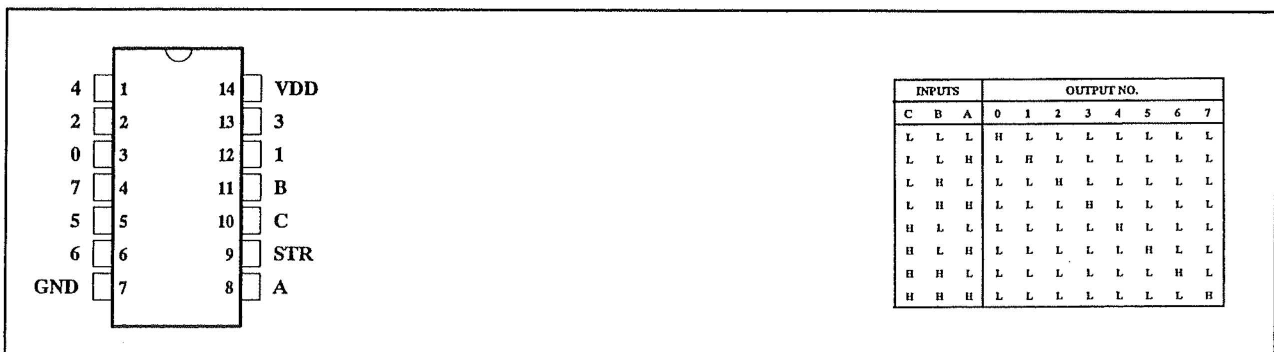


Key**	Inputs								Outputs				
	Row				Column								
	R4	R3	R2	R1	C4	C3	C2	C1	D4	D3	D2	D1	Strobe
1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	⎍
2	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	⎍
3	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	⎍
A	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
4	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	⎍
5	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	⎍
6	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	⎍
B	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
7	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	⎍
8	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	⎍
9	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	⎍
C	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
*	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	⎍
#	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
D	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
	All Other Combinations								0	0	0	0	0

4419 — 2 bij 8 toetsenbord matrix naar binair

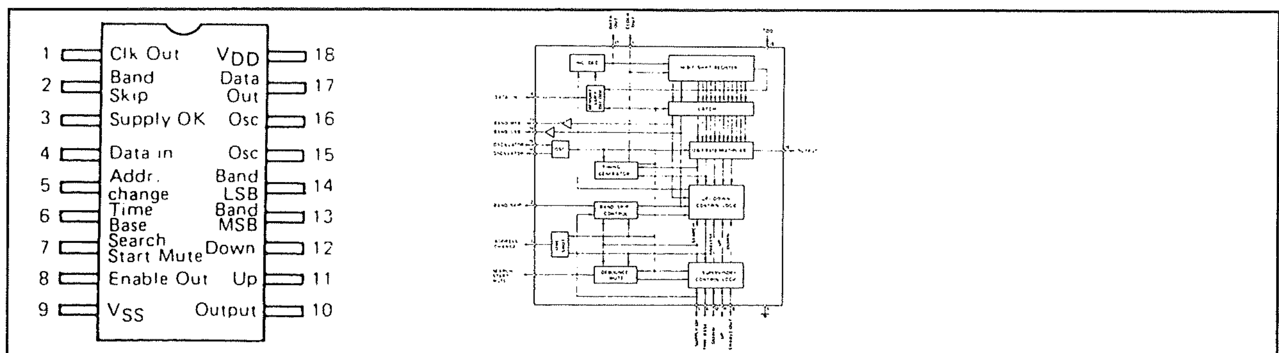


4426 — 8 x 14 bit statisch RAM voor tuners



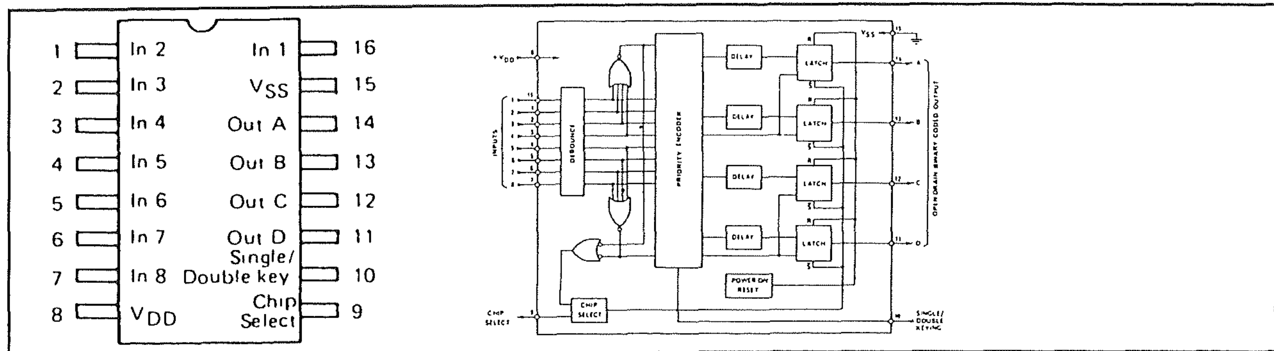
INPUTS			OUTPUT NO.							
C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7
L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L
L	L	H	L	H	L	L	L	L	L	L
L	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L
L	H	H	L	L	L	H	L	L	L	L
H	L	L	L	L	L	L	H	L	L	L
H	L	H	L	L	L	L	L	H	L	L
H	H	L	L	L	L	L	L	L	H	L
H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	H

4428 — binair-octal decoder

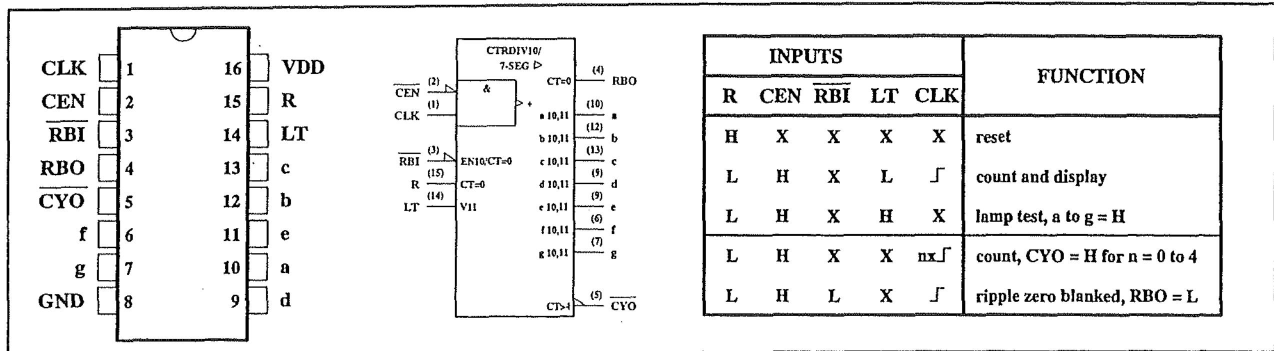


4429 — geheugencontrole voor afstemtuners

5.2 CMOS-IC's

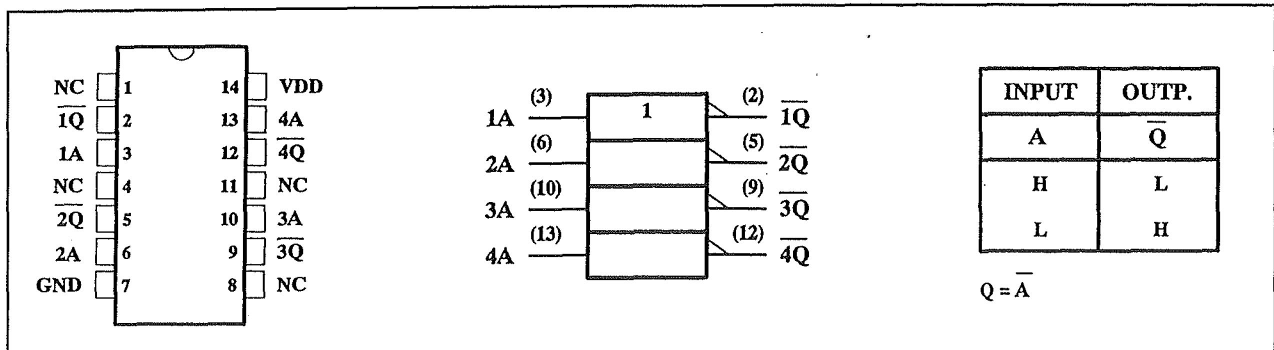


4430 encoder voor adressen



INPUTS					FUNCTION
R	CEN	RBI	LT	CLK	
H	X	X	X	X	reset
L	H	X	L	⌐	count and display
L	H	X	H	X	lamp test, a to g = H
L	H	X	X	nx⌐	count, CYO = H for n = 0 to 4
L	H	L	X	⌐	ripple zero blanked, RBO = L

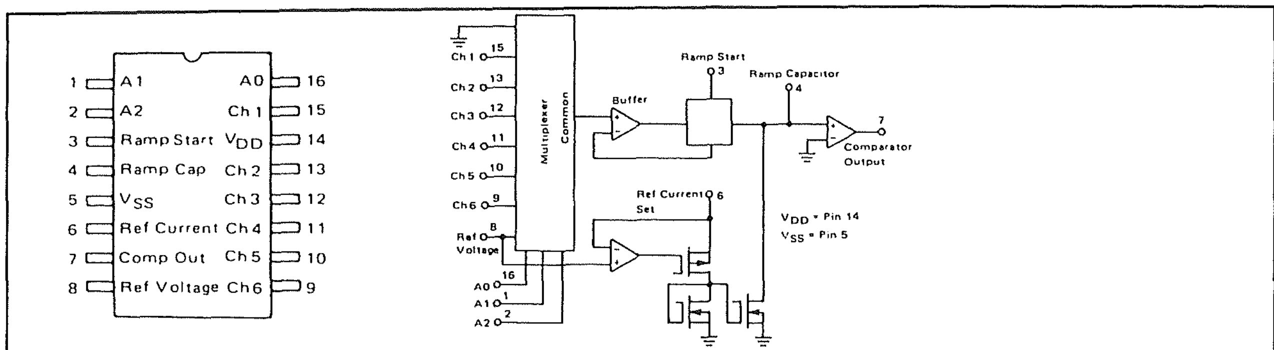
4433 teller met 7-segment decoder



INPUT	OUTP.
A	$\overline{Q}$
H	L
L	H

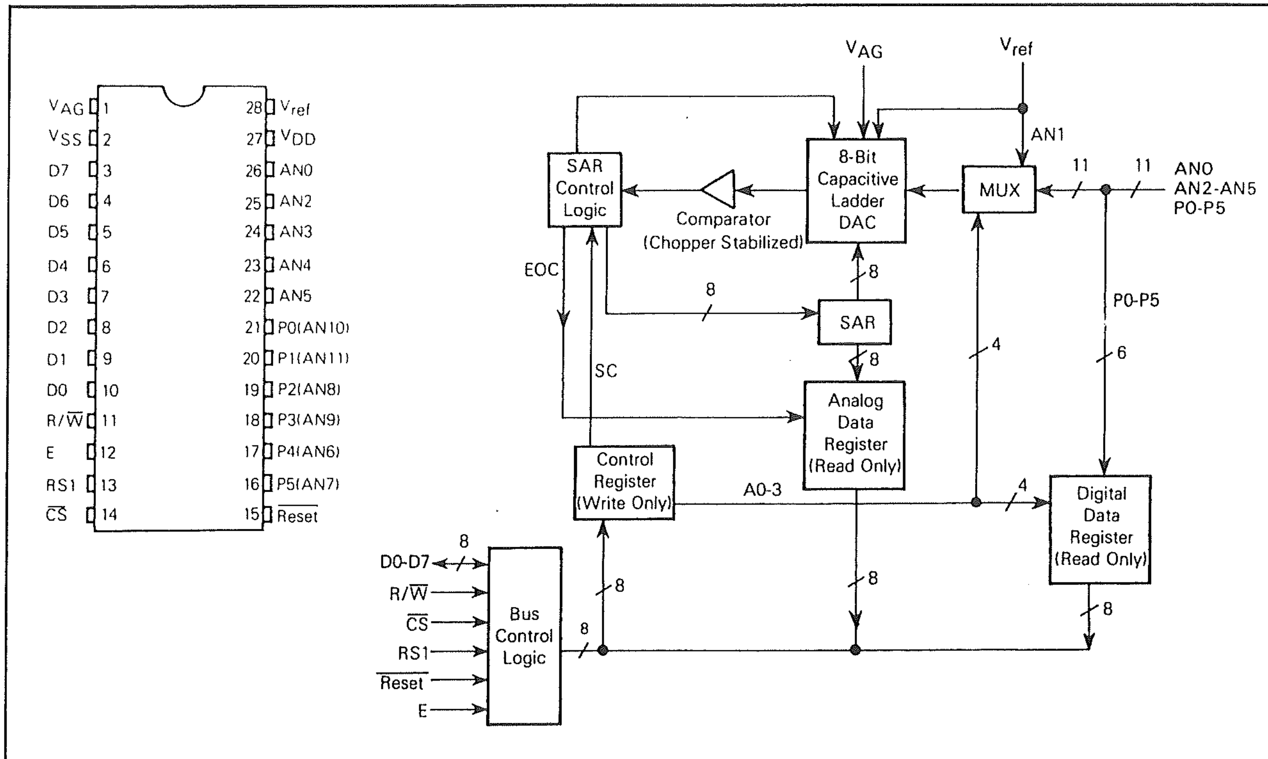
$Q = \overline{A}$

4441 4 x inverterende buffer

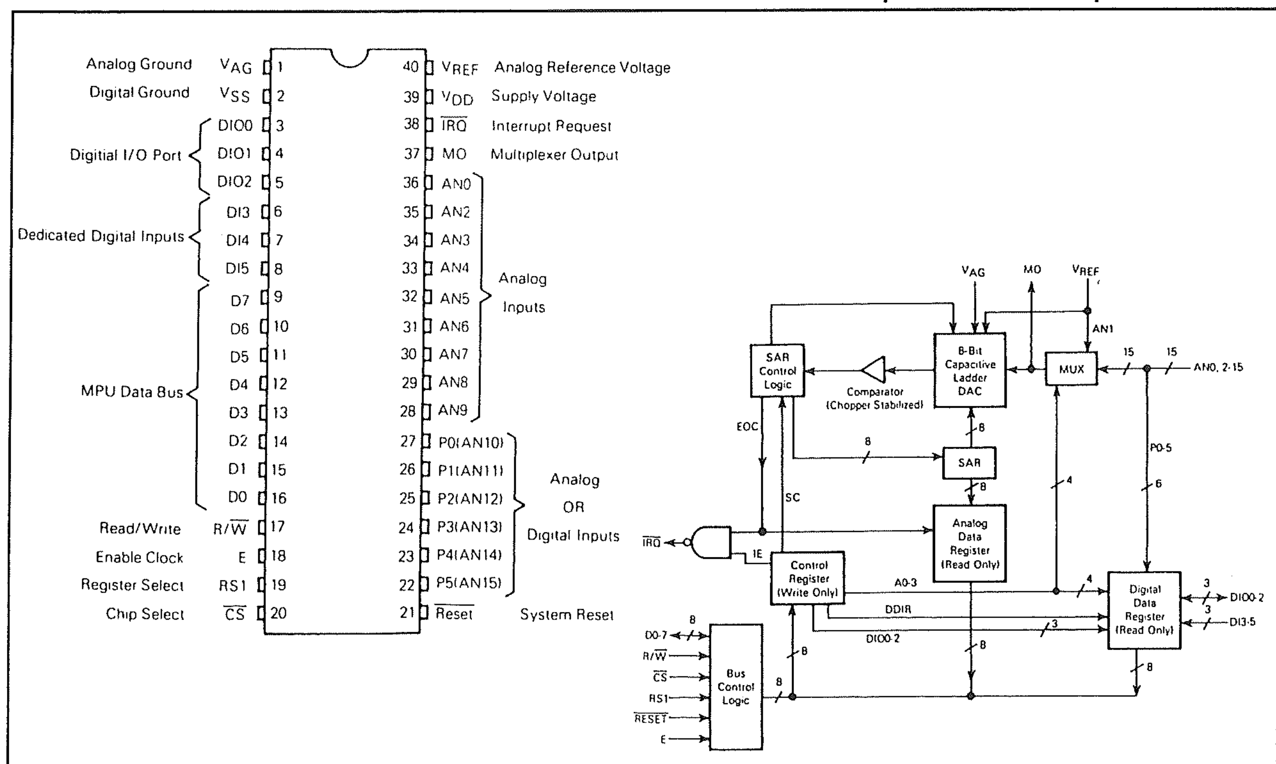


4443 zeskanaals ADC subsysteem

5.2 CMOS-IC's

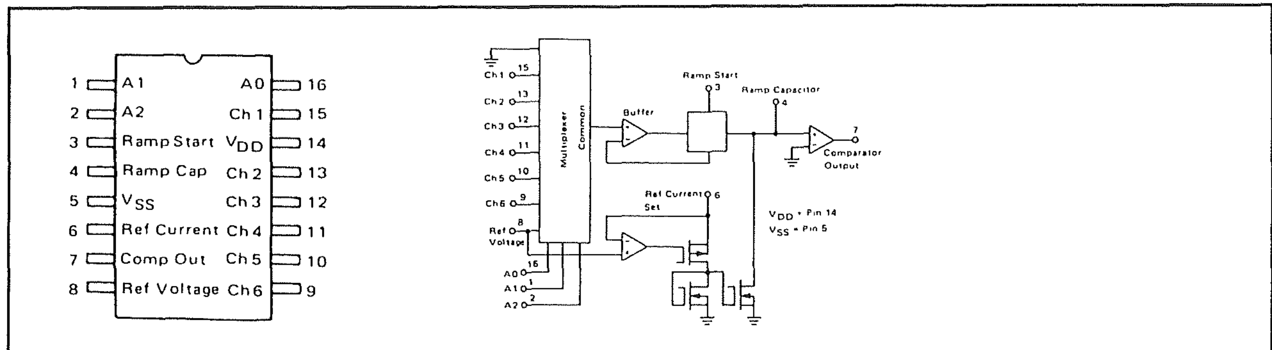


4442 microprocessor-compatibele ADC

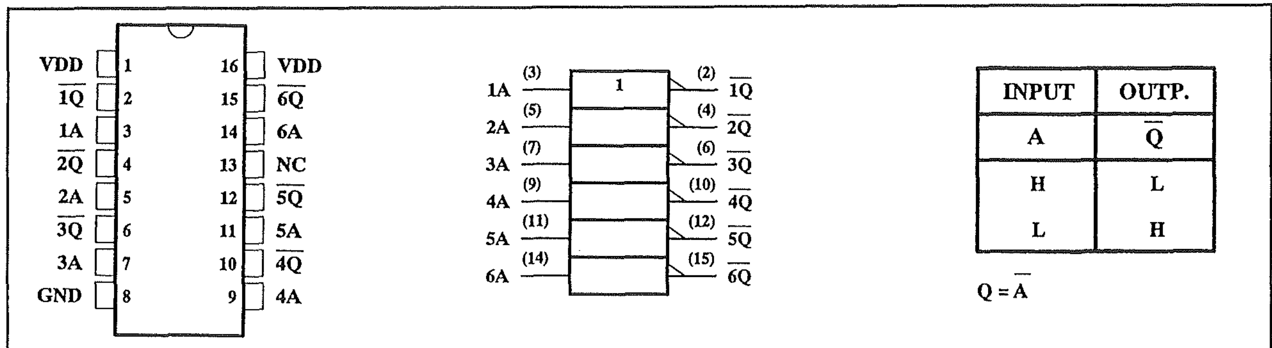


4444 microprocessor-compatibele ADC

5.2 CMOS-IC's



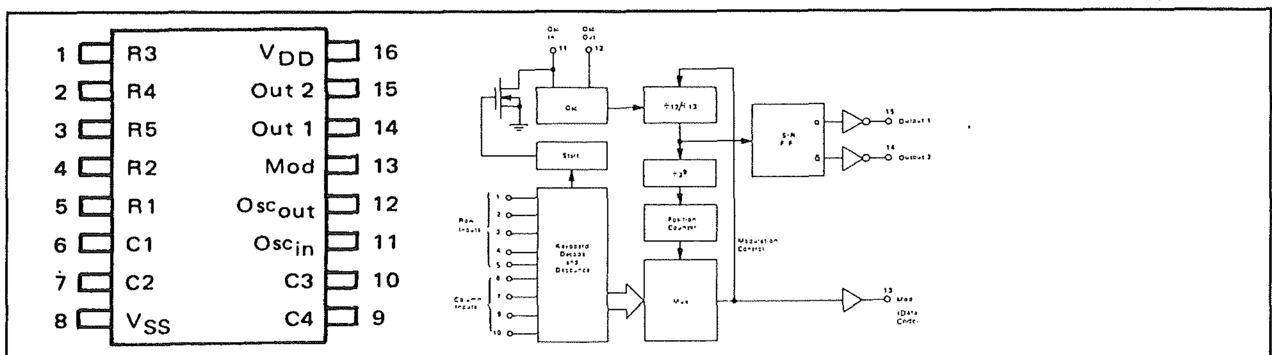
4447 zeskanaals ADC subsysteem



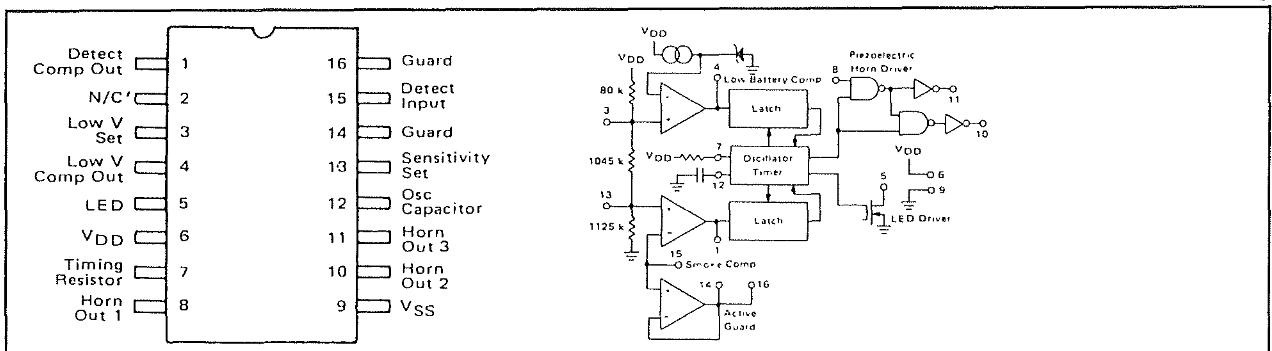
INPUT	OUTP.
A	$\overline{Q}$
H	L
L	H

$Q = \overline{A}$

4449 6 x buffer/inverter

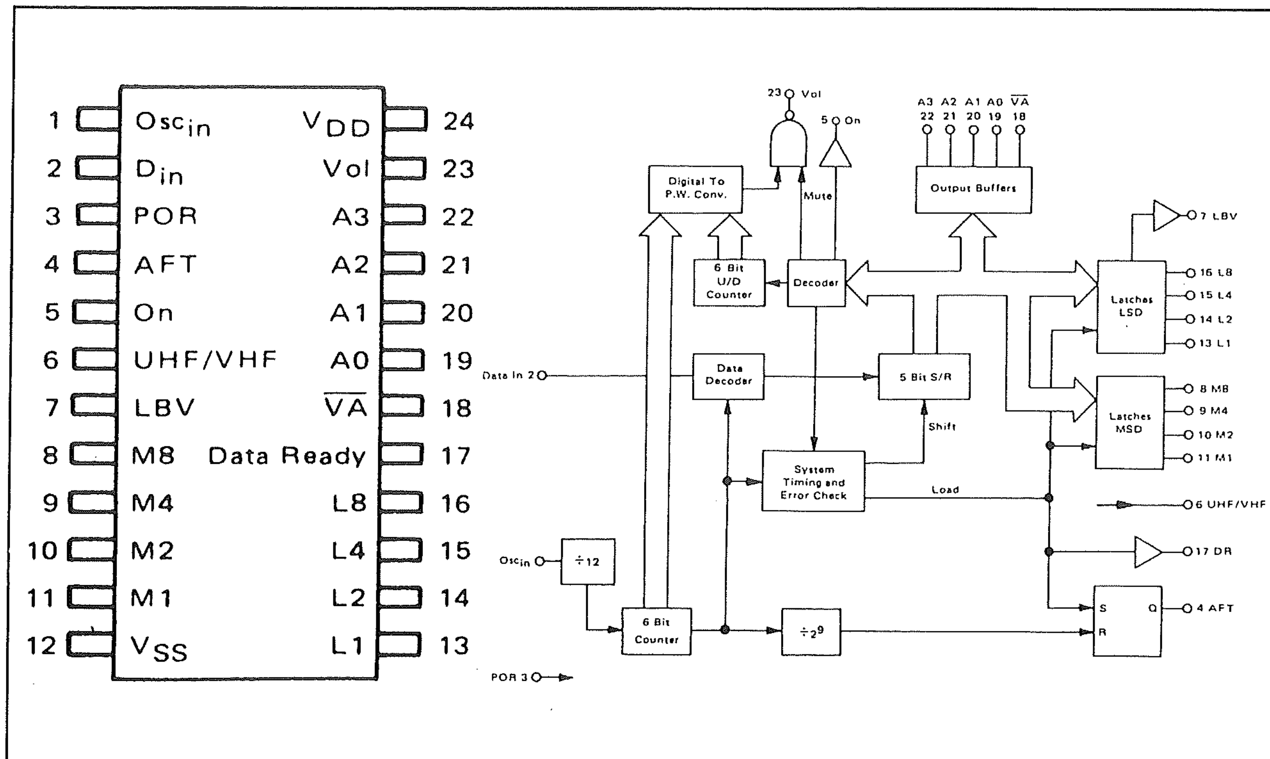


4457 zender voor afstandsbediening

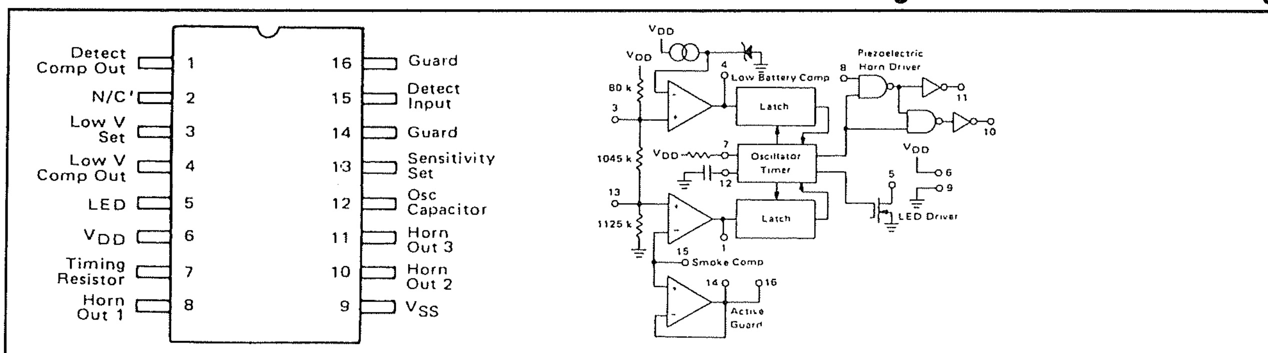


4466 rook detector

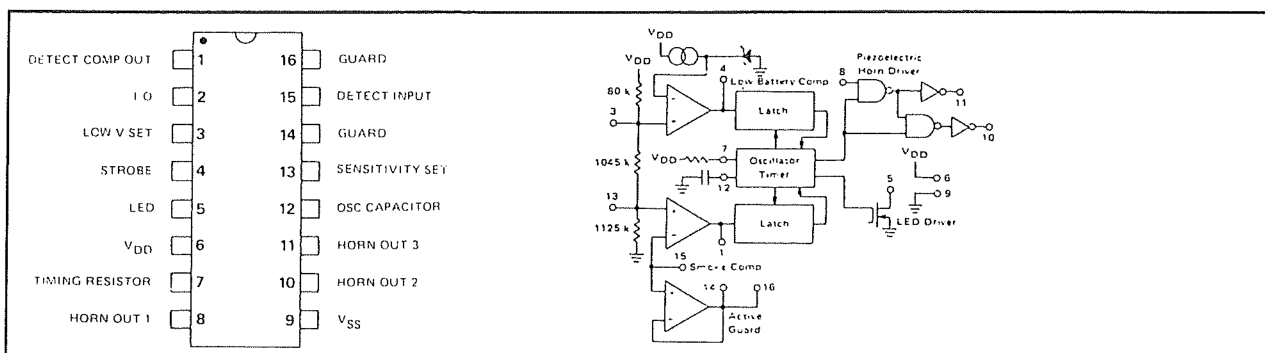
5.2 CMOS-IC's



4458 ontvanger voor afstandsbediening

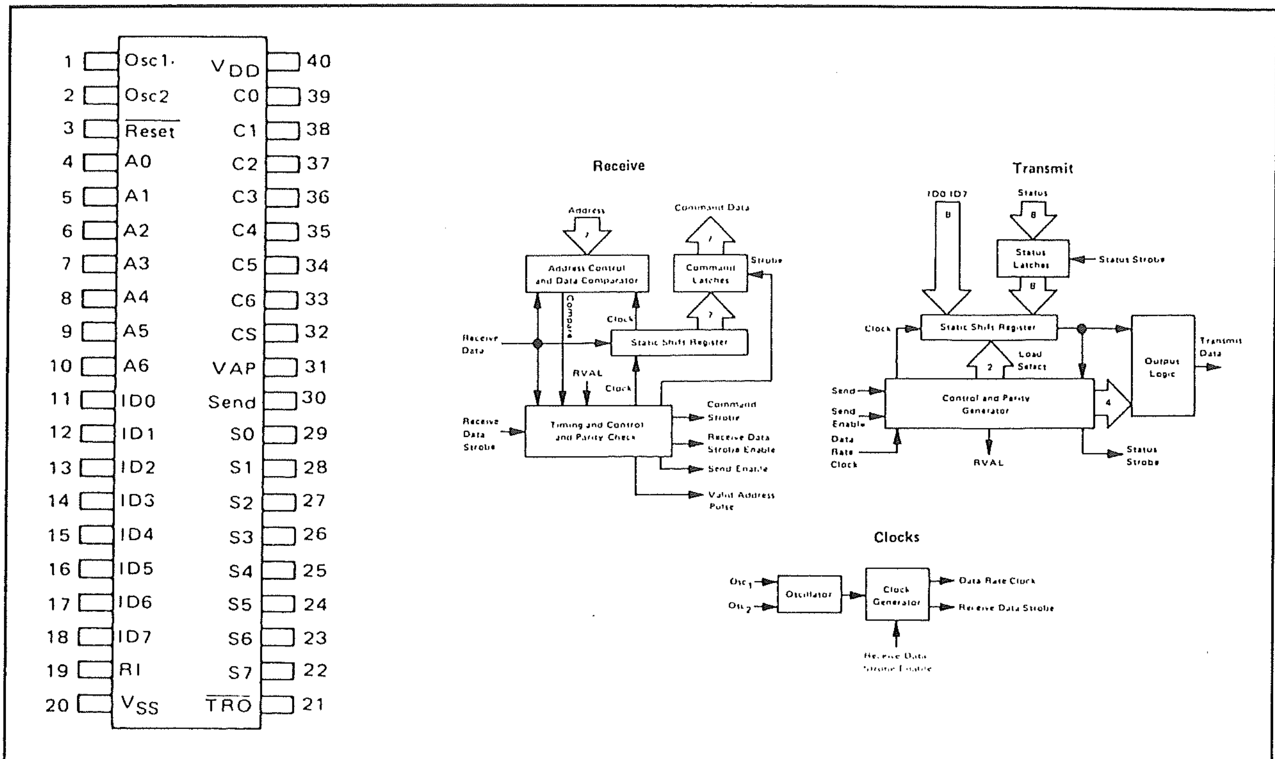


4467 rook detector

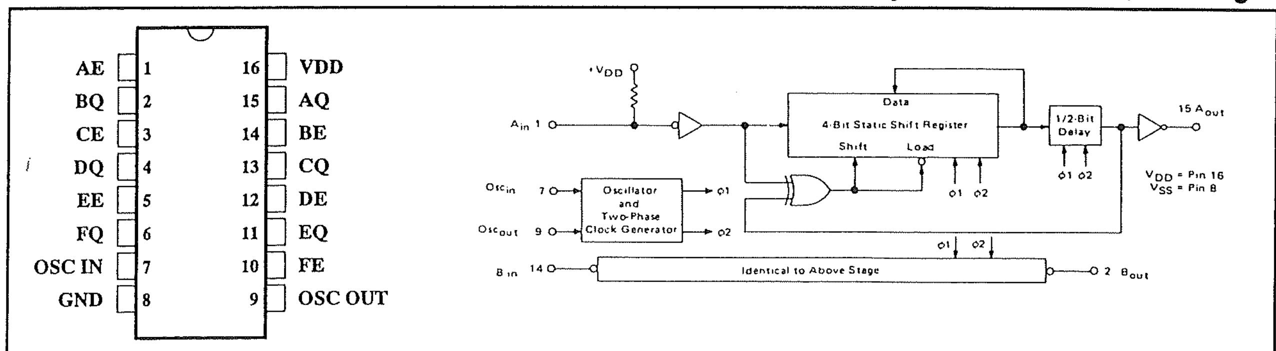


4468 rook detector

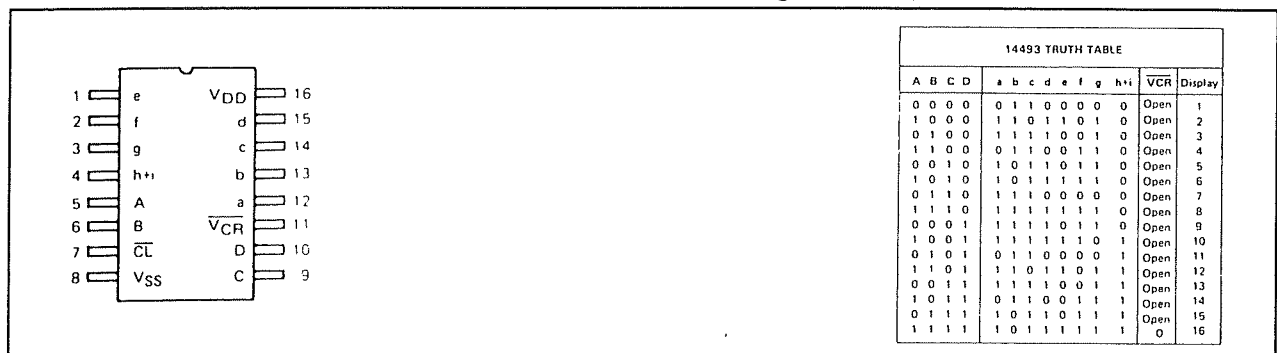
5.2 CMOS-IC's



4469 adresseerbare asynchrone zender/ontvanger



4490 zesvoudige onderdrukker van contactdender

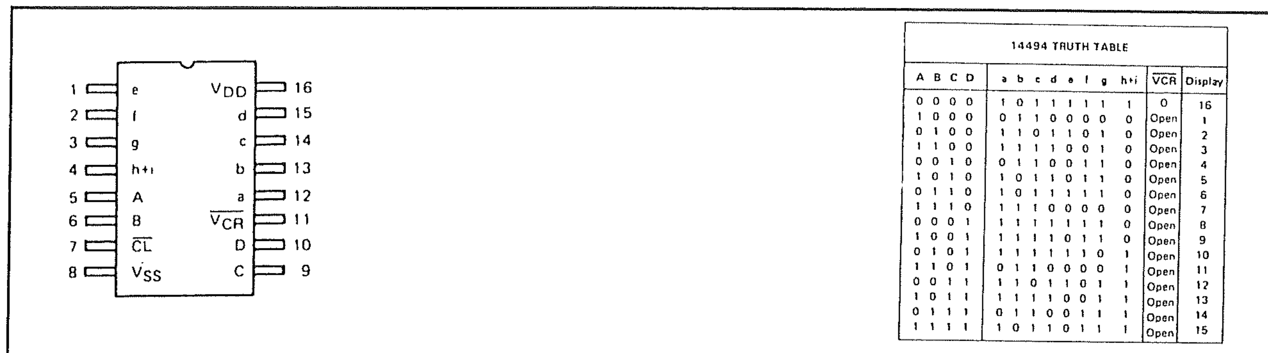


14493 TRUTH TABLE

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g	h+i	$\overline{VCR}$	Display
0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	Open	1
1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	Open	2
0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	Open	3
1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	Open	4
0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	Open	5
1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	Open	6
0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	Open	7
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	Open	8
0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	Open	9
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	Open	10
0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	Open	11
1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	Open	12
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	Open	13
1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	Open	14
0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	Open	15
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	16

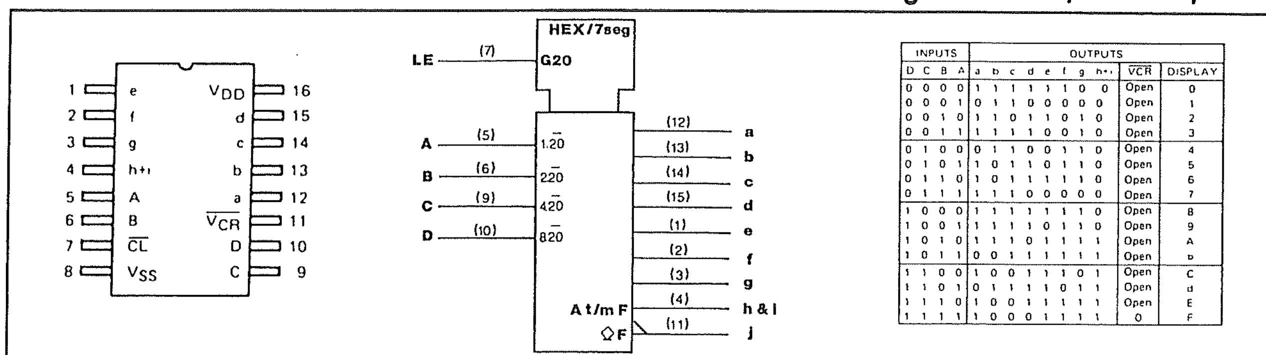
4493 binair-naar-7-segment latch/decoder/driver

5.2 CMOS-IC's



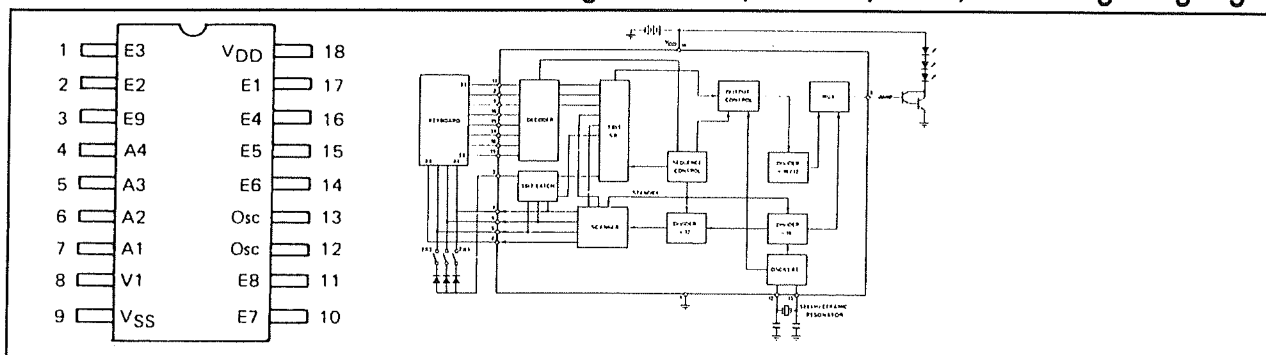
14494 TRUTH TABLE														
A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g	h+i	$\overline{VCR}$	Display
0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	16
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	Open	1
0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	Open	2
1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	Open	3
0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	Open	4
1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	Open	5
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	Open	6
1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	Open	7
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	Open	8
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	Open	9
0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	Open	10
1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	Open	11
0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	Open	12
1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	Open	13
0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	Open	14
1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	Open	15

4494 binair-naar-7-segment latch/decoder/driver

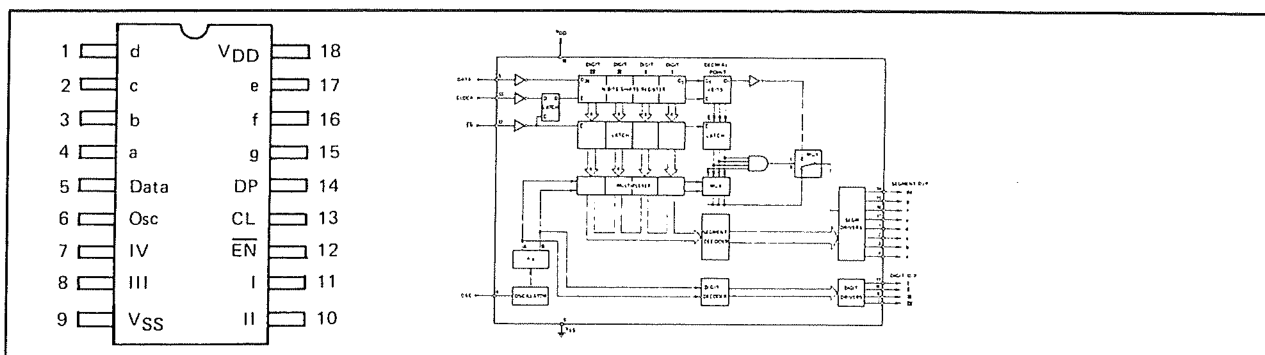


INPUTS				OUTPUTS									
D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	h+i	$\overline{VCR}$	DISPLAY
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	Open	0
0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	Open	1
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	Open	2
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	Open	3
0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	Open	4
0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	Open	5
0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	Open	6
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	Open	7
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	Open	8
1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	Open	9
1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	Open	A
1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	Open	b
1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	Open	C
1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	Open	d
1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	Open	E
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	F

4495 hexadecimaal-naar-7-segment latch/decoder/driver, aktief hoge uitgangen

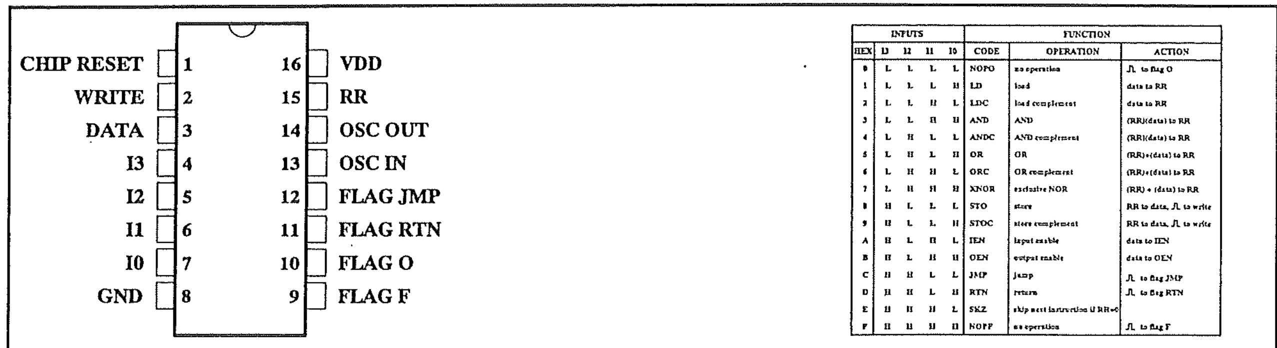


4497 zender voor afstandsbediening



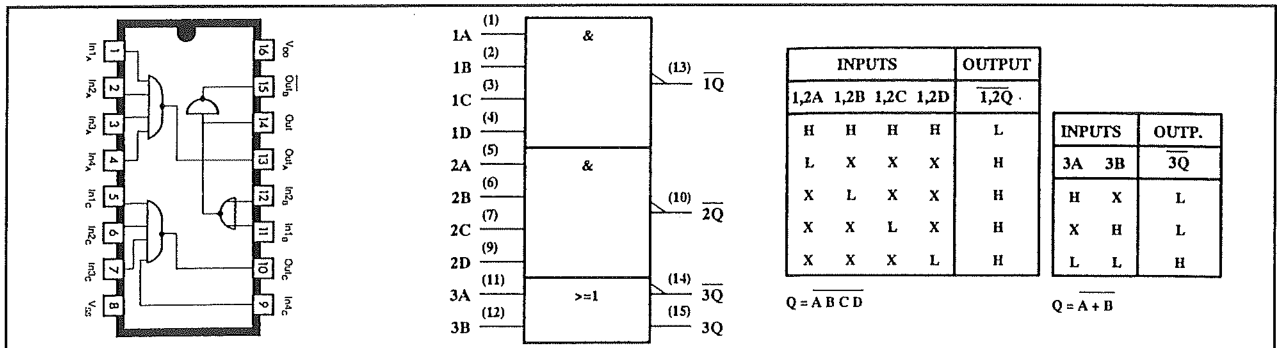
4499 4 digit 7-segment LED-display decoder/driver (aktief HOOG) met seriële interface

5.2 CMOS-IC's



INPUTS					FUNCTION		
HEX	I3	I2	I1	I0	CODE	OPERATION	ACTION
0	L	L	L	L	NOPO	no operation	⎍ to flag O
1	L	L	L	H	LD	load	data to RR
2	L	L	H	L	LDC	load complement	data to RR
3	L	L	H	H	AND	AND	(RR)(data) to RR
4	L	H	L	L	ANDC	AND complement	(RR)(data) to RR
5	L	H	L	H	OR	OR	(RR)+(data) to RR
6	L	H	H	L	ORC	OR complement	(RR)+(data) to RR
7	L	H	H	H	XNOR	exclusive NOR	(RR) + (data) to RR
8	H	L	L	L	STO	store	RR to data, ⎍ to write
9	H	L	L	H	STOC	store complement	RR to data, ⎍ to write
A	H	L	H	L	IEN	input enable	data to IEN
B	H	L	H	H	OEN	output enable	data to OEN
C	H	H	L	L	JMP	jump	⎍ to flag JMP
D	H	H	L	H	RTN	return	⎍ to flag RTN
E	H	H	H	L	SKZ	skip next instruction if RR=0	
F	H	H	H	H	NOPF	no operation	⎍ to flag F

4500 controle-IC voor industriële toepassingen



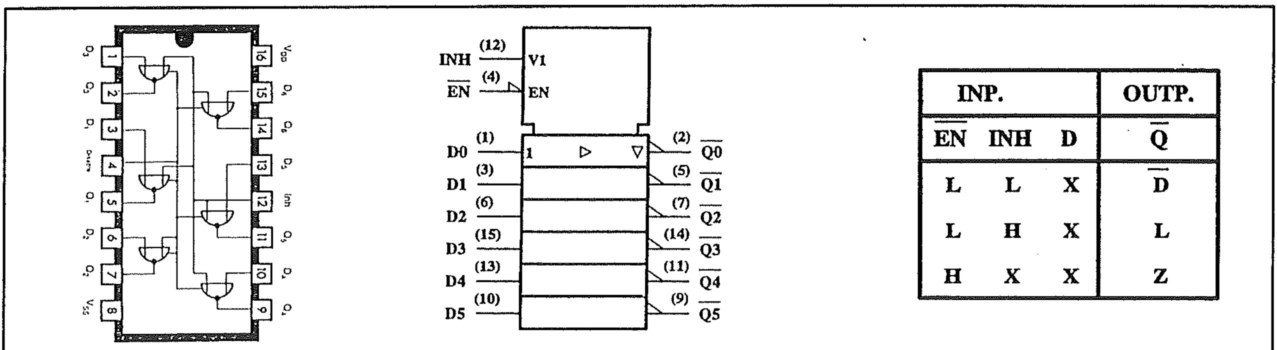
INPUTS				OUTPUT
1,2A	1,2B	1,2C	1,2D	$\overline{1,2Q}$
H	H	H	H	L
L	X	X	X	H
X	L	X	X	H
X	X	L	X	H
X	X	X	L	H

$Q = \overline{ABCD}$

INPUTS		OUTP.
3A	3B	$\overline{3Q}$
H	X	L
X	H	L
L	L	H

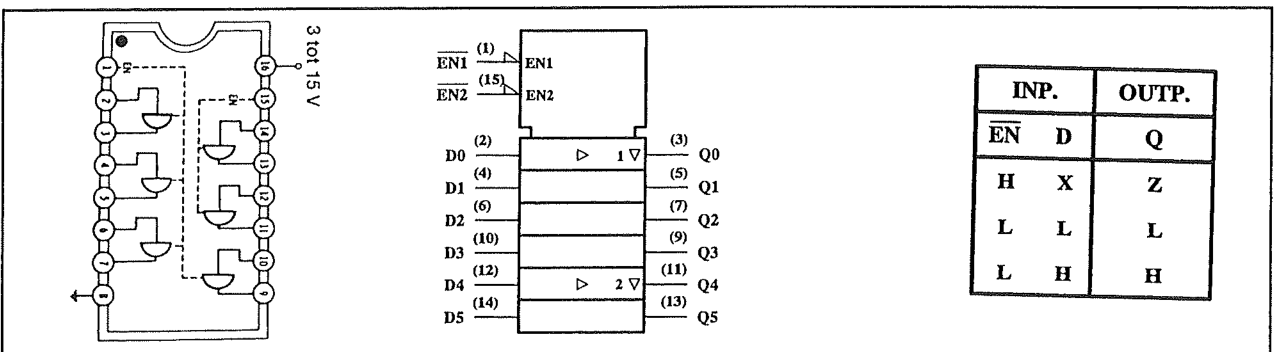
$Q = \overline{A + B}$

4501 drievoudige multi-functionele poort



INP.			OUTP.
$\overline{EN}$	INH	D	$\overline{Q}$
L	L	X	$\overline{D}$
L	H	X	L
H	X	X	Z

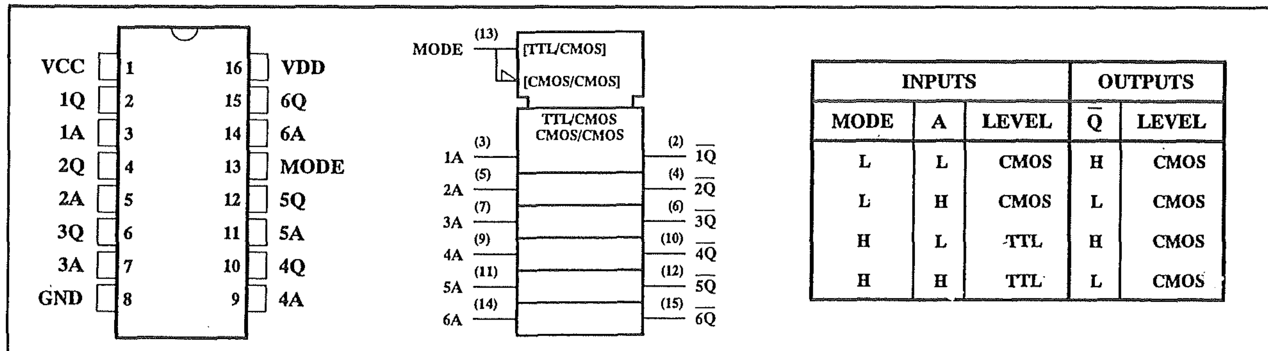
4502 6 x inverterende buffer



INP.		OUTP.
$\overline{EN}$	D	Q
H	X	Z
L	L	L
L	H	H

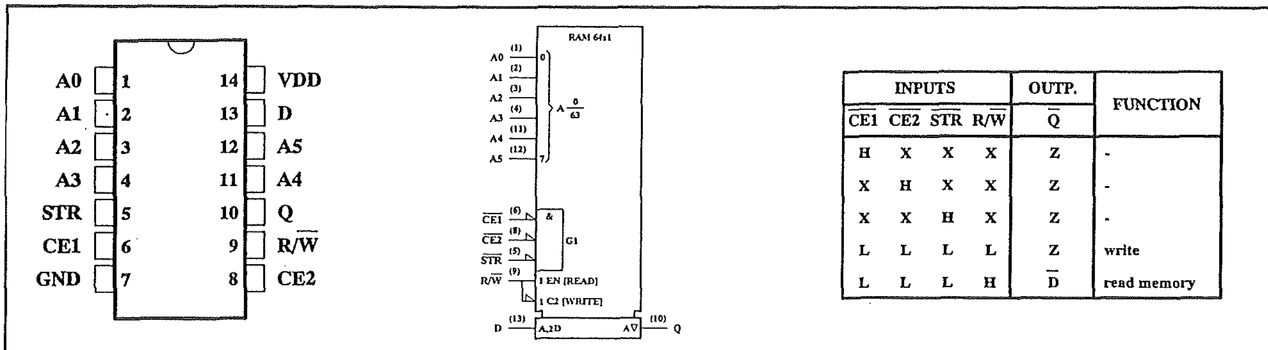
4503 6 buffers/bus-drivers met 3-state uitgangen

5.2 CMOS-IC's



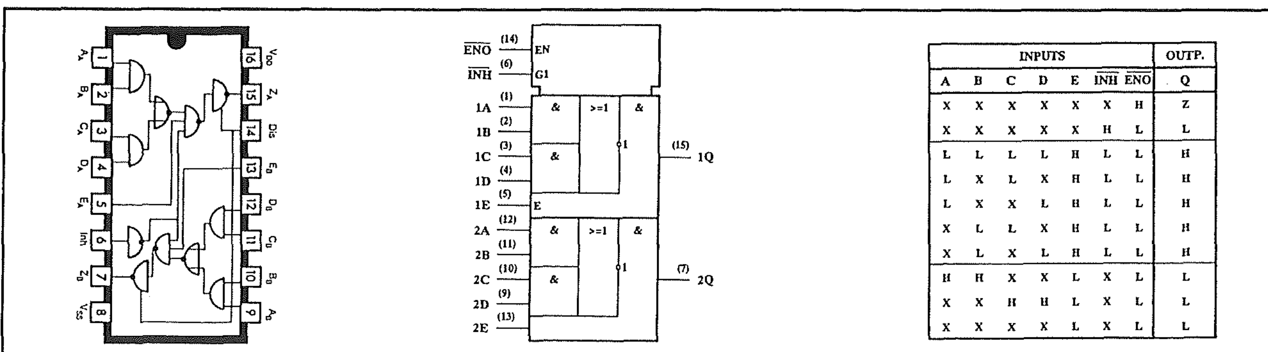
INPUTS			OUTPUTS	
MODE	A	LEVEL	$\overline{Q}$	LEVEL
L	L	CMOS	H	CMOS
L	H	CMOS	L	CMOS
H	L	TTL	H	CMOS
H	H	TTL	L	CMOS

4504 — 6 x TTL-CMOS/CMOS-TTL level shifter



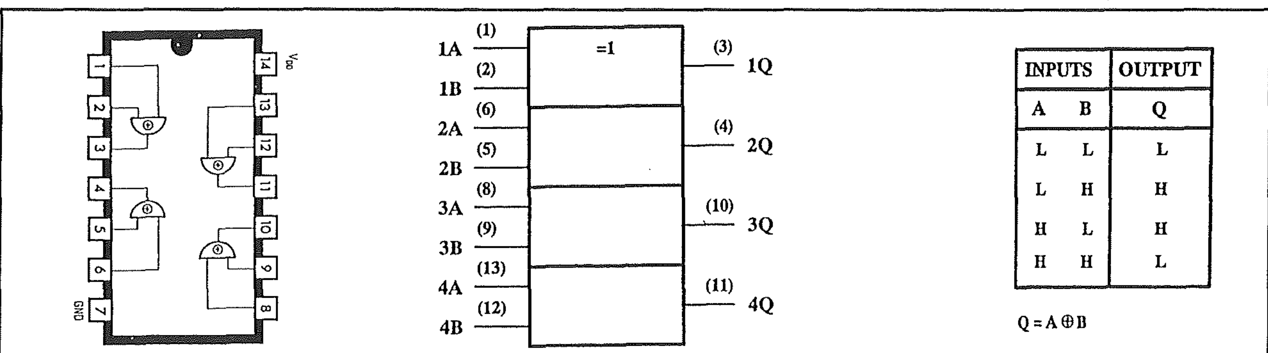
INPUTS				OUTP.	FUNCTION
$\overline{CE1}$	$\overline{CE2}$	$\overline{STR}$	R/$\overline{W}$	$\overline{Q}$	
H	X	X	X	Z	-
X	H	X	X	Z	-
X	X	H	X	Z	-
L	L	L	L	Z	write
L	L	L	H	$\overline{D}$	read memory

4505 — 64 x 1 bit statisch RAM



INPUTS							OUTP.
A	B	C	D	E	$\overline{INH}$	$\overline{ENO}$	Q
X	X	X	X	X	X	H	Z
X	X	X	X	X	H	L	L
L	L	L	L	H	L	L	H
L	X	L	X	H	L	L	H
L	X	X	L	H	L	L	H
X	L	L	X	H	L	L	H
X	L	X	L	H	L	L	H
H	H	X	X	L	X	L	L
X	X	H	H	L	X	L	L
X	X	X	X	L	X	L	L

4506 — 2 x "two-wide" AND-OR-INVERT, tri-state uit

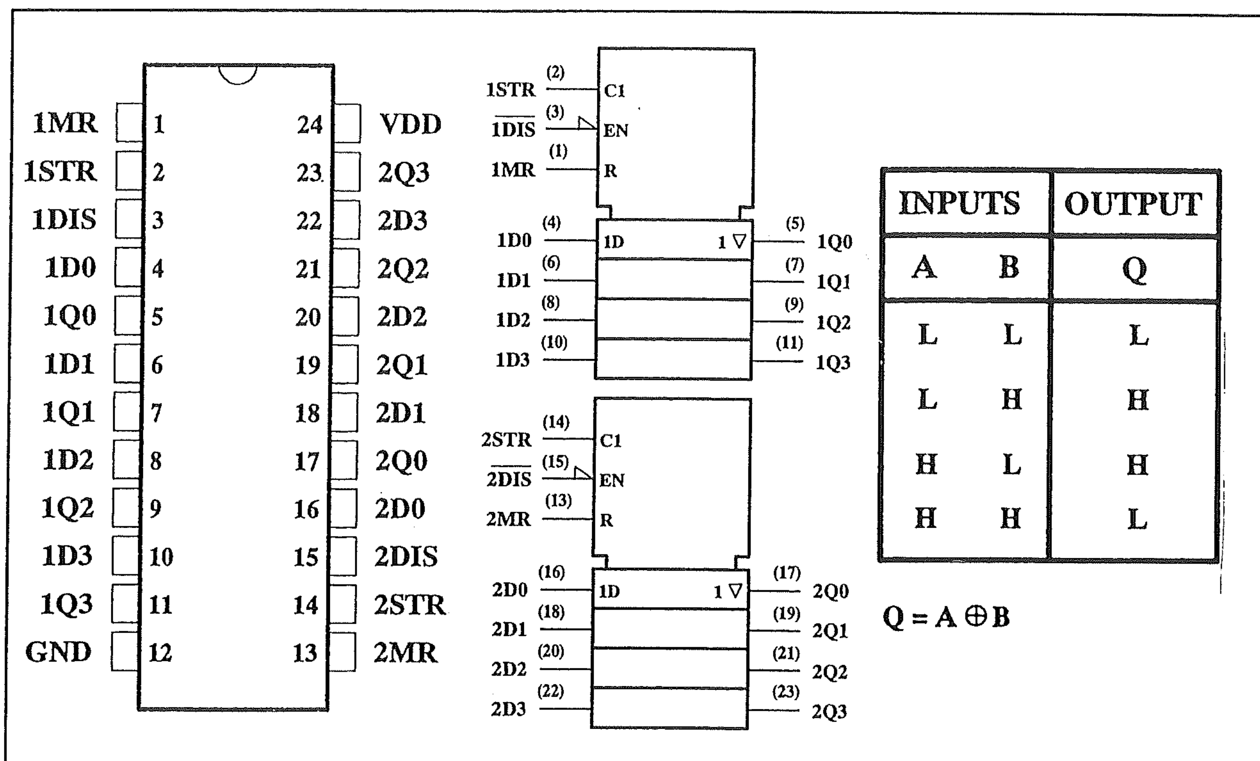


INPUTS		OUTPUT
A	B	Q
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

$Q = A \oplus B$

4507 — 4 x 2 in EXOR

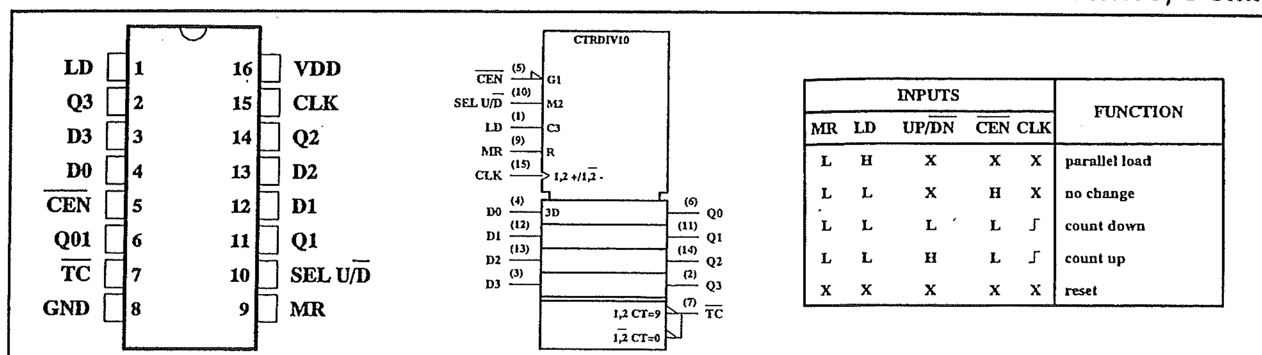
5.2 CMOS-IC's



INPUTS		OUTPUT
A	B	Q
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

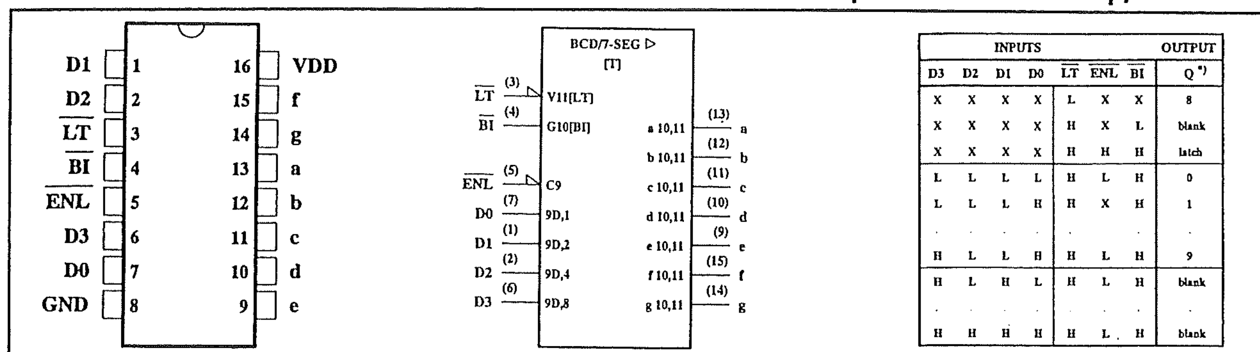
$Q = A \oplus B$

4508 — 2 x 4 bit latches, 3-state



INPUTS					FUNCTION
MR	LD	UP/DN	CEN	CLK	
L	H	X	X	X	parallel load
L	L	X	H	X	no change
L	L	L	L	⎍	count down
L	L	H	L	⎍	count up
X	X	X	X	X	reset

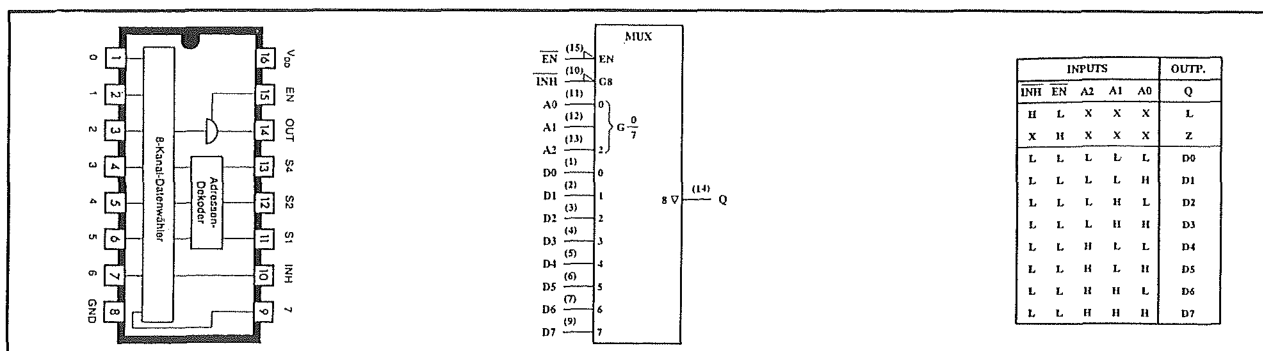
4510 — presetbare BCD op/neer-teller



INPUTS							OUTPUT
D3	D2	D1	D0	LT	ENL	BI	Q *)
X	X	X	X	L	X	X	8
X	X	X	X	H	X	L	blank
X	X	X	X	H	H	H	latch
L	L	L	L	H	L	H	0
L	L	L	H	H	X	H	1
.	.	.	.	.		.	.
H	L	L	H	H	L	H	9
H	L	H	L	H	L	H	blank
.	.	.	.	.	.	.	.
H	H	H	H	H	L	H	blank

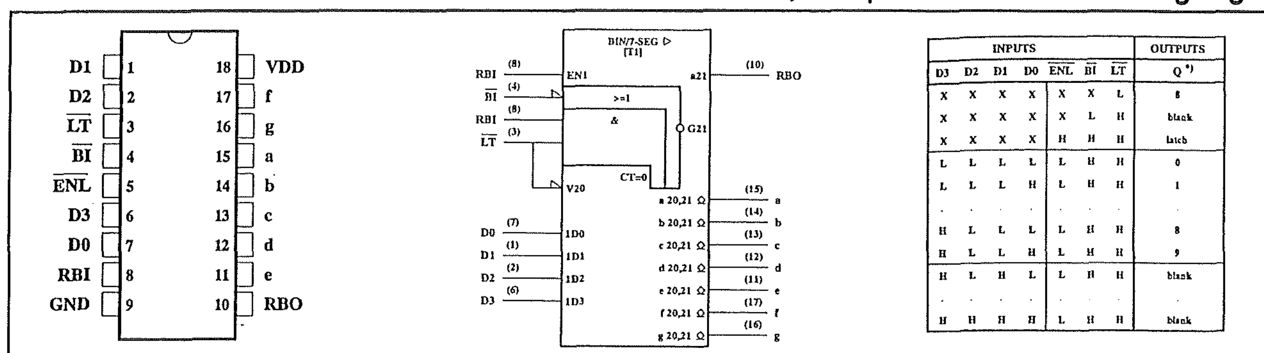
4511 — BCD-naar-7-segment latch/decoder/driver (aktief HOOG)

5.2 CMOS-IC's



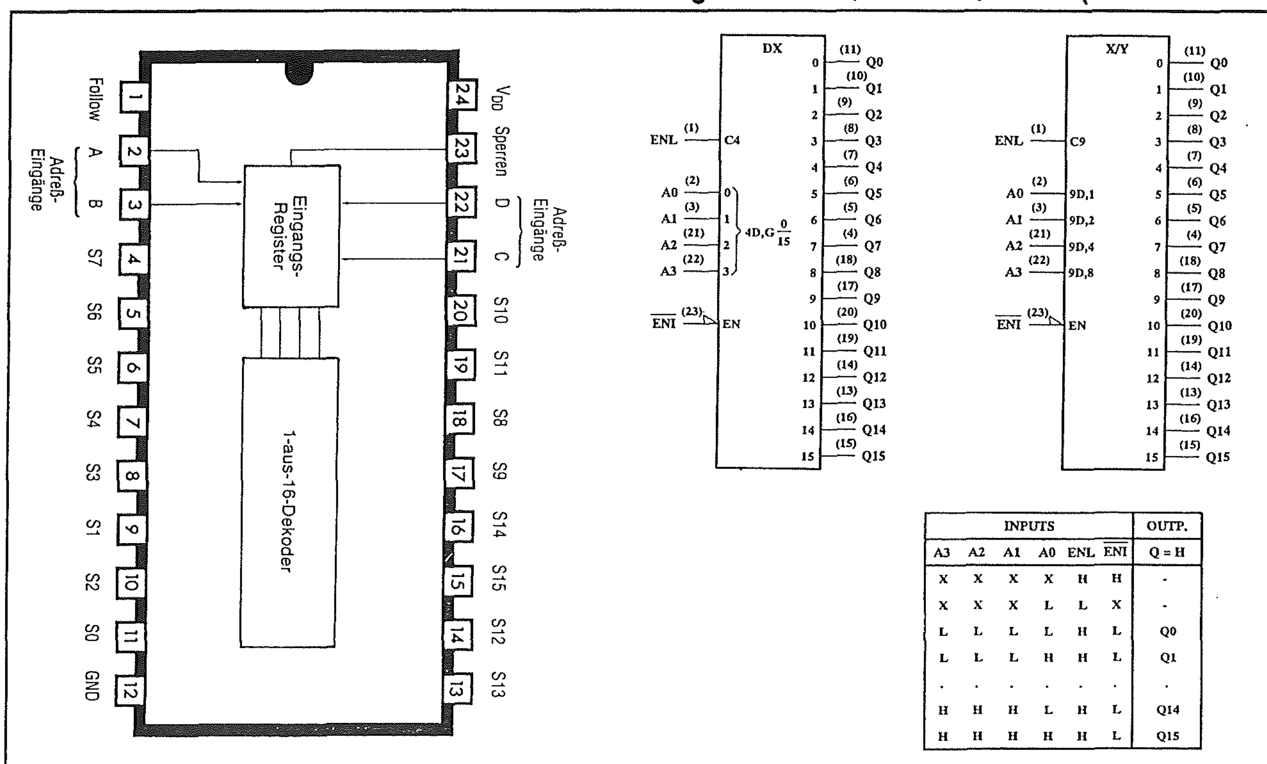
INPUTS					OUTP.
$\overline{\text{INH}}$	$\overline{\text{EN}}$	A2	A1	A0	Q
H	L	X	X	X	L
X	H	X	X	X	Z
L	L	L	L	L	D0
L	L	L	L	H	D1
L	L	L	H	L	D2
L	L	L	H	H	D3
L	L	H	L	L	D4
L	L	H	L	H	D5
L	L	H	H	L	D6
L	L	H	H	H	D7

4512 achtkanaals data selector/multiplexer met tri-state uitgangen



INPUTS							OUTPUTS
D3	D2	D1	D0	$\overline{\text{ENL}}$	$\overline{\text{BI}}$	$\overline{\text{LT}}$	Q *)
X	X	X	X	X	X	L	8
X	X	X	X	X	L	H	blank
X	X	X	X	H	H	H	latch
L	L	L	L	L	H	H	0
L	L	L	H	L	H	H	1
.	.	.	.	.	.	.	.
H	L	L	L	L	H	H	8
H	L	L	H	L	H	H	9
H	L	H	L	L	H	H	blank
.	.	.	.	.	.	.	.
H	H	H	H	L	H	H	blank

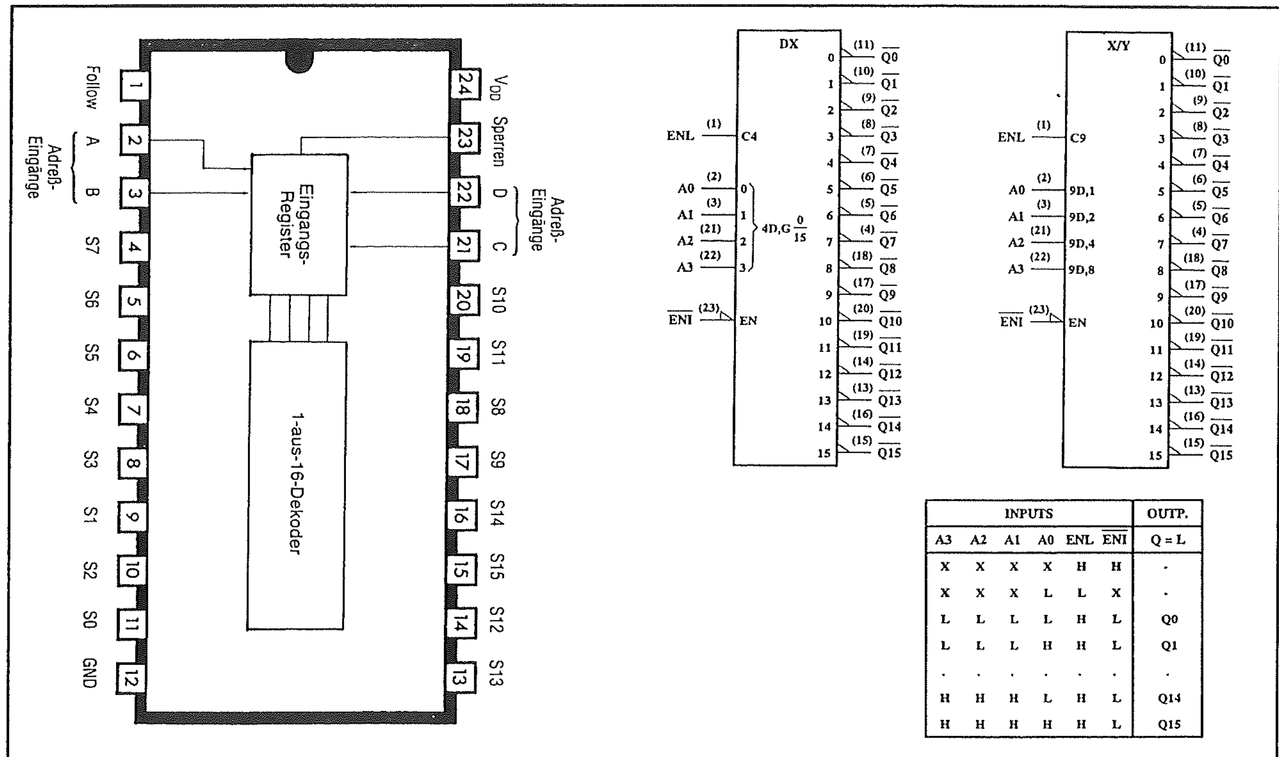
4513 BCD-naar-7-segment latch/decoder/driver (aktief HOOG)



INPUTS						OUTP.
A3	A2	A1	A0	ENL	$\overline{\text{ENI}}$	Q = H
X	X	X	X	H	H	-
X	X	X	L	L	X	-
L	L	L	L	H	L	Q0
L	L	L	H	H	L	Q1
.	.	.	.	.	.	.
H	H	H	L	H	L	Q14
H	H	H	H	H	L	Q15

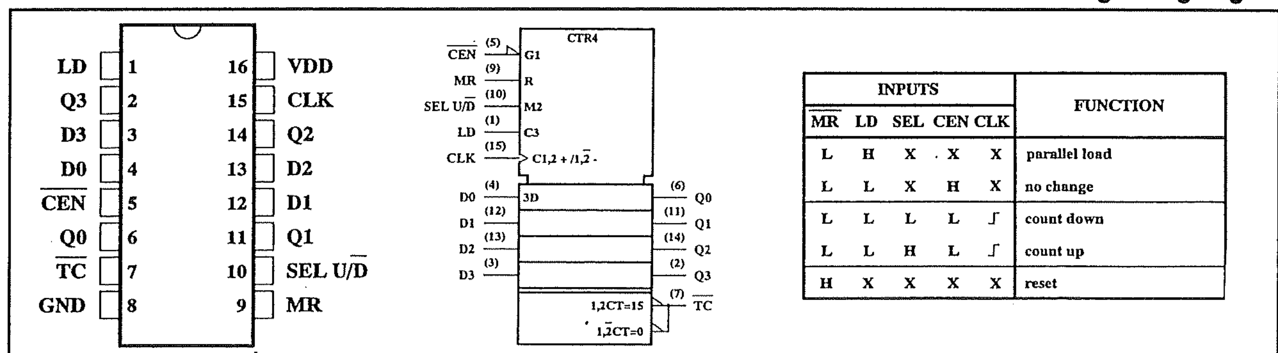
4514 4-naar-16 decoder, 4 bit latch, aktief hoge uitgangen

5.2 CMOS-IC's



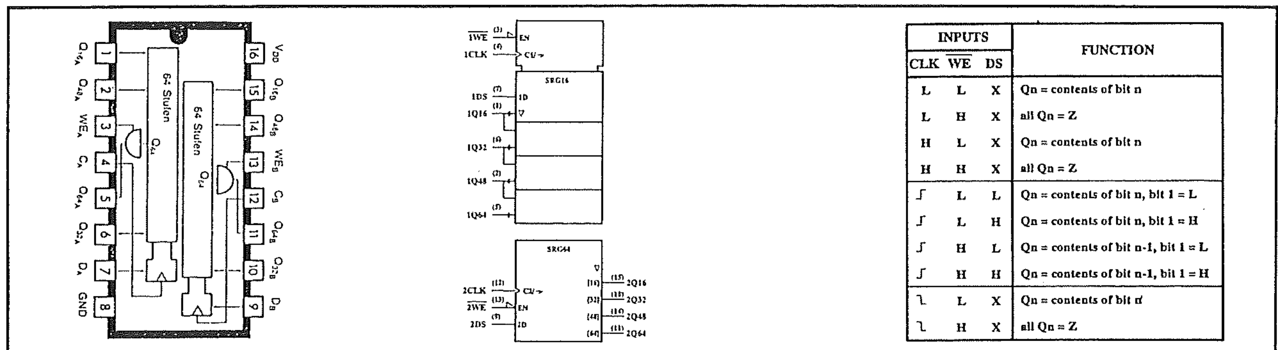
INPUTS						OUTP.
A3	A2	A1	A0	ENL	$\overline{ENI}$	Q = L
X	X	X	X	H	H	-
X	X	X	L	L	X	-
L	L	L	L	H	L	Q0
L	L	L	H	H	L	Q1
.	.	.	.	.	.	.
H	H	H	L	H	L	Q14
H	H	H	H	H	L	Q15

4515 — 4-naar-16 decoder, 4 bit latch, aktief lage uitgangen



INPUTS					FUNCTION
MR	LD	SEL	CEN	CLK	
L	H	X	X	X	parallel load
L	L	X	H	X	no change
L	L	L	L	⨍	count down
L	L	H	L	⨍	count up
H	X	X	X	X	reset

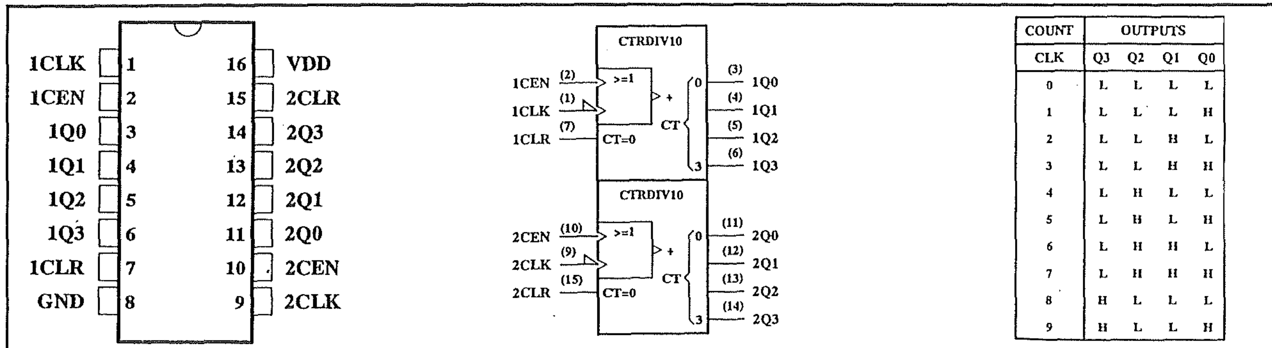
4516 — presetbare binaire op/neer-teller



INPUTS			FUNCTION
CLK	$\overline{WE}$	DS	
L	L	X	Qn = contents of bit n
L	H	X	all Qn = Z
H	L	X	Qn = contents of bit n
H	H	X	all Qn = Z
⨍	L	L	Qn = contents of bit n, bit 1 = L
⨍	L	H	Qn = contents of bit n, bit 1 = H
⨍	H	L	Qn = contents of bit n-1, bit 1 = L
⨍	H	H	Qn = contents of bit n-1, bit 1 = H
⌊	L	X	Qn = contents of bit n'
⌊	H	X	all Qn = Z

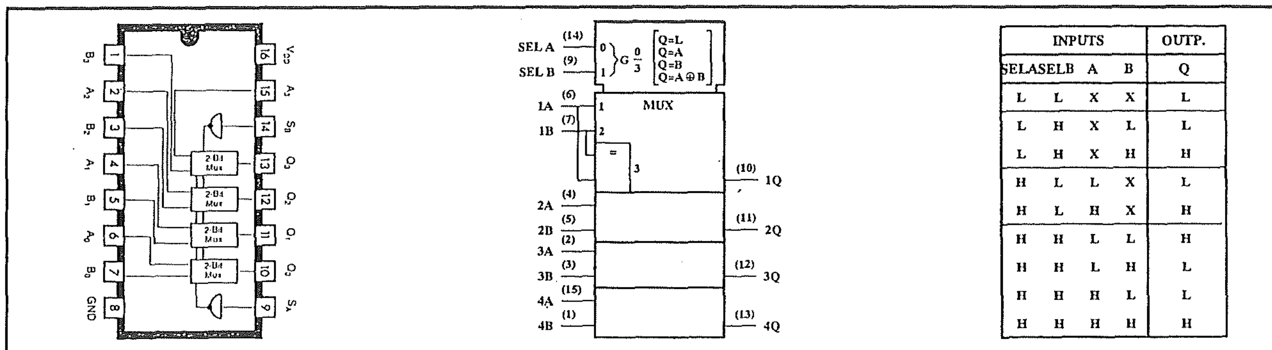
4517 — 2 x 64 bit schuifregister, aftakkingen per 16-bit

5.2 CMOS-IC's



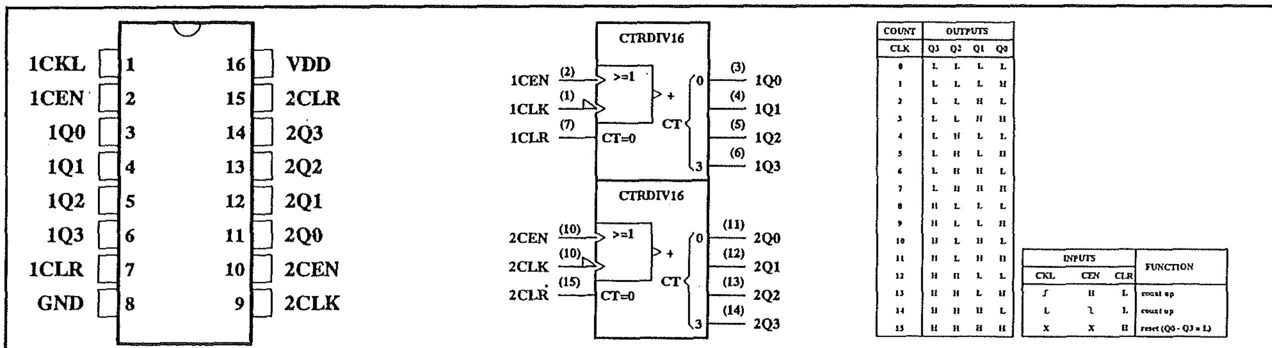
COUNT	OUTPUTS			
CLK	Q3	Q2	Q1	Q0
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H

4518 — 2 x 10-tellers, BCD



INPUTS				OUTP.
SELA	SELB	A	B	Q
L	L	X	X	L
L	H	X	L	L
L	H	X	H	H
H	L	L	X	L
H	L	H	X	H
H	H	L	L	H
H	H	L	H	L
H	H	H	L	L
H	H	H	H	H

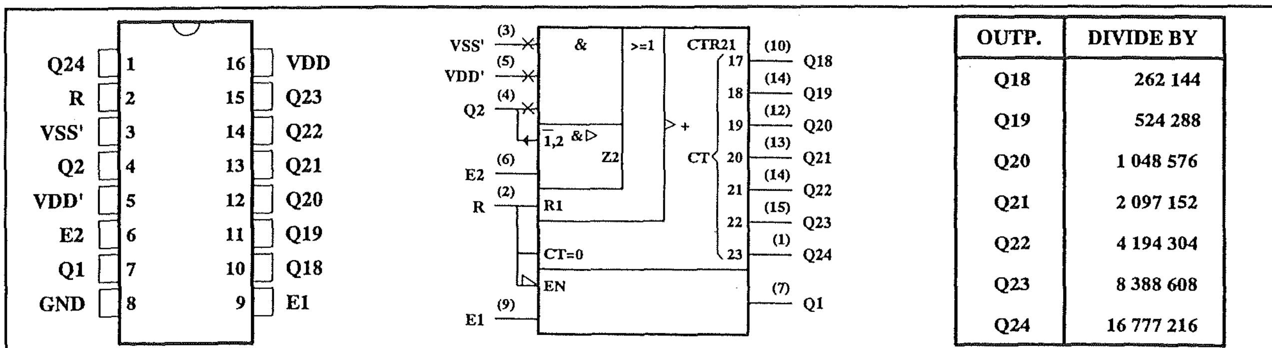
4519 — 4 x 2 in EXNOR, 4 x 2 naar 1 multiplexer



COUNT	OUTPUTS			
CLK	Q3	Q2	Q1	Q0
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

INPUTS			FUNCTION
CKL	CEN	CLR	
↑	H	L	count up
L	↓	L	count up
X	X	H	reset (Q0 - Q3 = L)

4520 — 2 binaire tellers



OUTP.	DIVIDE BY
Q18	262 144
Q19	524 288
Q20	1 048 576
Q21	2 097 152
Q22	4 194 304
Q23	8 388 608
Q24	16 777 216

4521 — 24 traps frequentie-deler

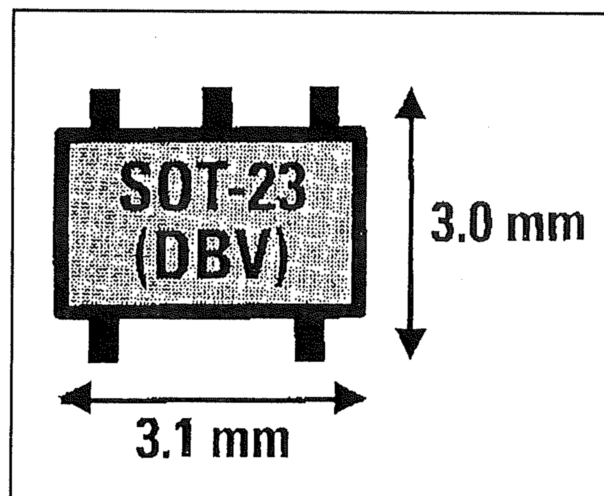
(wordt vervolgd)

6/5.2.5

"Single Gate CMOS" van Toshiba

Inleiding

Wie analoge schakelingen ontwerpt, komt vaak functies tegen die veel eenvoudiger en beter ontworpen kunnen worden rond een CMOS-IC'tje. CMOS van de 40-serie kan immers uitstekend samenwerken met analoge elektronica. Denk maar aan de beroemde analoge schakelaar 4066! De voedingsspanning gaat tot +15 V, de schakelingen kunnen de uitgangsspanningen van transistoren vaak rechtstreeks verwerken, etc. Nu worden dergelijke schakelingen uiteraard aangeboden in de standaard 4000-familie, maar vaak zitten die dan met vier in één IC. Schakeltechnisch bekeken zou men een vrije poort uit zo'n elders in het schema gebruikt IC kunnen toepassen om de noodzakelijke schakelfunctie te vervullen. Echter bij het ontwerpen de print kan dit een absolute verschrikking zijn! Het zou dus heel handig zijn als een CMOS-fabrikant op het idee zou komen een reeks schakelingetjes op de markt te brengen, die maar één functie bevatten, bijvoorbeeld één analoge schakelaar. Toshiba komt aan deze behoefte tegemoet met haar TC4Sxx-serie. Deze kleine familie "Single Gate CMOS"-logica bevat één poort per IC en wordt in een 5-pens behuizing aangeboden met als afmetingen 3,1 mm breed en 3,0 mm hoog. Het uiterlijk van deze SOT-23 behuizing is getekend in figuur 6/5.2.5-1. De vijf standaard pennetjes van deze behuizing bieden net ruimte voor de massa, de voeding, twee ingangen en de uitgang.

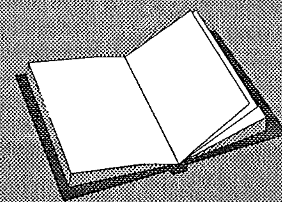


Figuur 6/5.2.5-1: De behuizing van de "Single Gate CMOS"-schakelingen.

Elektrische specificaties

In de inleiding werd gesteld dat deze minipoorten 4xxx-compatibel zijn. Hun speci-

LEES OOK:
Hoofdstuk 6/5.1.5
Hoofdstuk 6/5.2.1
Hoofdstuk 6/5.2.3



5.2 CMOS-IC's

ficaties zijn echter op een aantal punten afwijkend in positieve in! Zij kunnen bijvoorbeeld van nature veel beter met analoge schakelingen samenwerken dat standaard 4xxx-schakelingen.
Een overzicht van de belangrijkste specificaties:

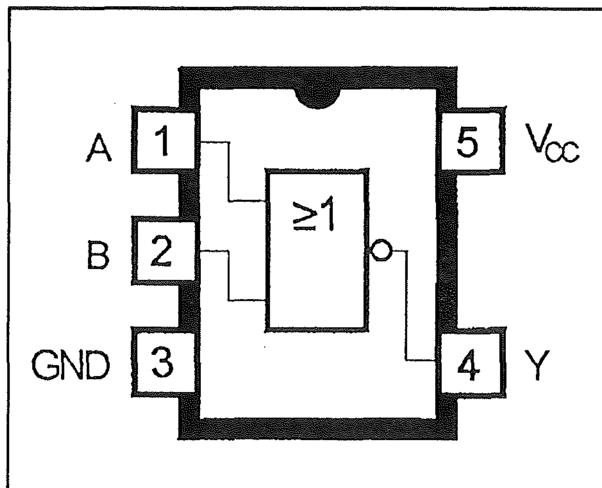
- **voedingsspanning V_{cc}:**
  +3,0 V min.
  +5,0 V aanbevolen
  +20,0 V max.
- **ingangsspanning V_i:**
  V_{cc} + 0,5 V max.
  V_{dd} - 0,5 V min.
- **ingangsstroom I_i:**
  +/-10 mA max.
- **maximaal vermogen P_m:**
  0,2 W max.

Bij een voedingsspanning van +5 V zien de specificaties er als volgt uit:

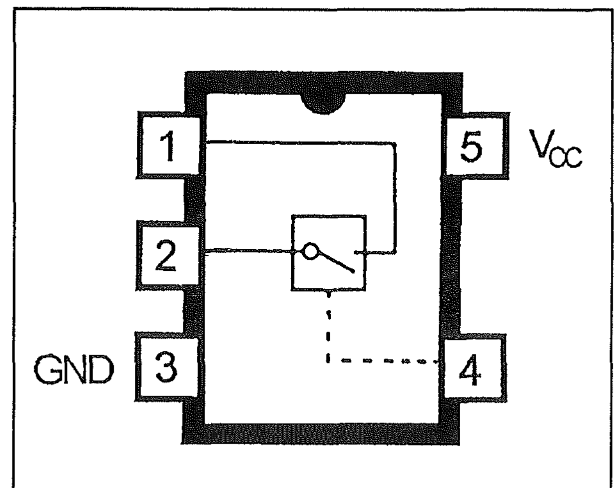
- **ingangsspanning voor "H" V_{ih}:**
  +3,5 V min.
- **ingangsspanning voor "L" V_{il}:**
  +1,5 V max.
- **ingangsstroom bij "L" I_{il}:**
  -0,1 µA max.
- **ingangsstroom bij "H" I_{ih}:**
  -0,1 µA max.
- **uitgangsspanning bij "H" V_{oh}:**
  +4,95 V max.
- **uitgangsspanning bij "L" V_{ol}:**
  +0,05 V max.
- **uitgangsstroom I_{oh} bij "H":**
  0,5 mA max.
- **uitgangsstroom I_{ol} bij "L":**
  1,3 mA max.
- **bedrijfstemperatuur:**
  +85 °C max.

Opmerking
Niet gebruikte ingangen kunnen het best met de massa of de voeding worden verbonden. Open ingangen kunnen, door paracitaire capaciteten en lekstromen, op een niet gedefinieerd logisch niveau komen te staan.

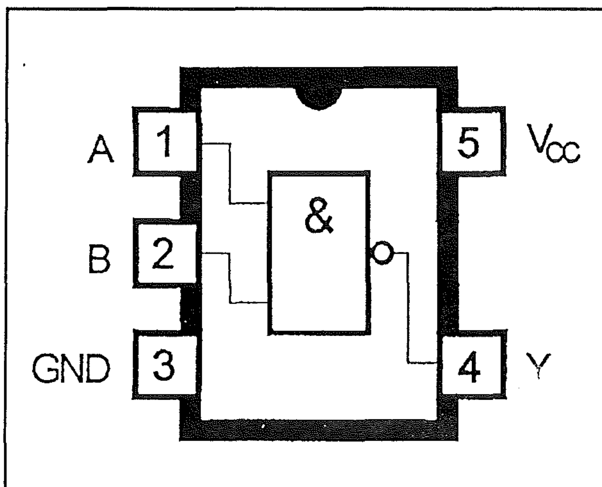
5.2 CMOS-IC's



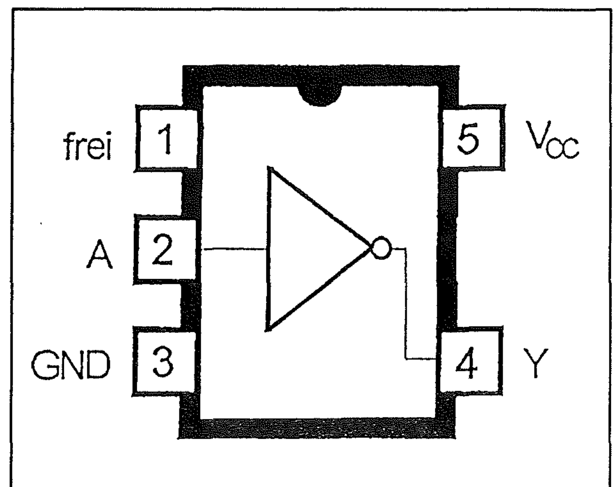
TC4S01F 1 x NOR



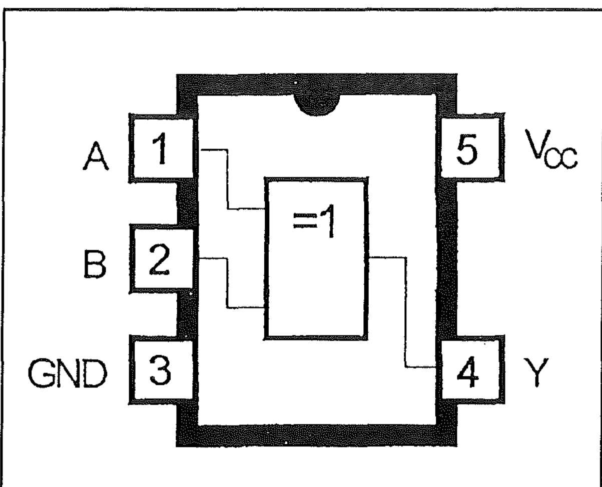
TC4S66F 1 x SWITCH



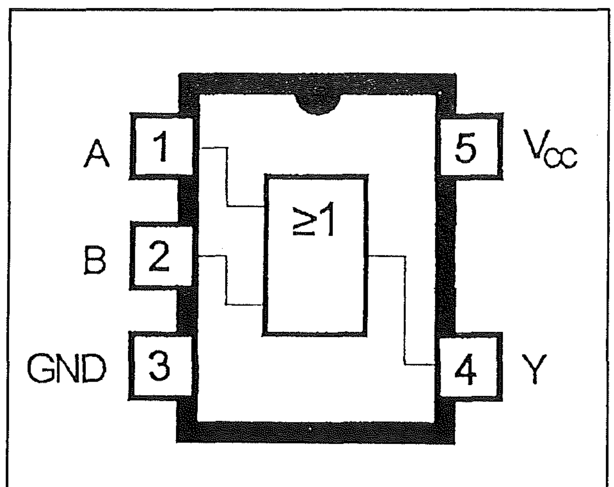
TC4S11F 1 x NAND



TC4SU69F 1 x INV

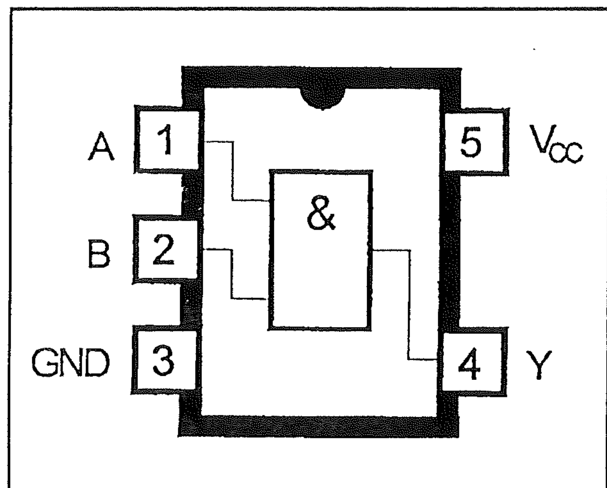


TC4S30F 1 x EXOR

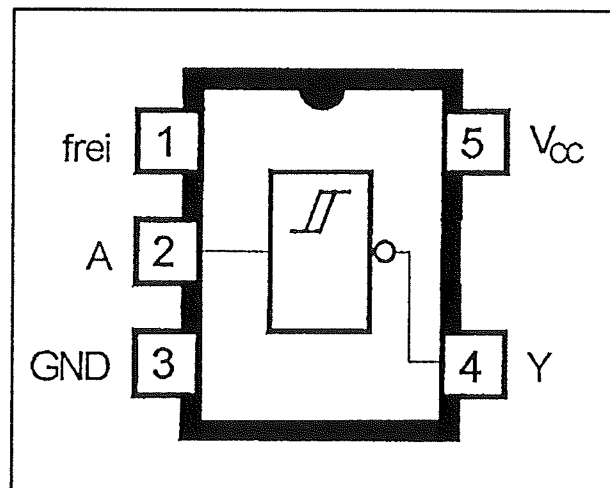


TC4S71F 1 x OR

5.2 CMOS-IC's



TC4S81F 1 x AND



TC4S584F 1 x INV. ST